НАУКА ВЕЛИЧАЙШИЕ ТЕОРИИ

АМПЕР

Классическая электродинамика

37

Неопределенный электрический объект

DeAGOSTINI

АМПЕР классическая электродинамика

37

DeA

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Андре-Мари Ампер создал электродинамику — науку, изучающую связи между электричеством и магнетизмом. Его математически строгое описание этих связей привело Дж. П. Максвелла к революционным открытиям в данной области. Ампер, родившийся в предреволюционной Франции, изобрел также электрический телеграф, гальванометр и — наряду с другими исследователями — электромагнит. Он дошел и до теории электрона — «электрического объекта», — но развитие науки в то время не позволило совершить это открытие. Плоды трудов Ампера лежат и в таких областях, как химия, философия, поэзия, а также математика — к этой науке он относился с особым вниманием и часто применял ее в своей работе. Исследователь по праву считается одним из величайших физиков XIX века.

-
- Eugenio Manuel Fernandez Aguilar
- Введение
- ГЛАВА 1
- ГЛАВА 2
- ГЛАВА 3
- ГЛАВА 4
- ГЛАВА 5
- ГЛАВА 6
- Приложение
- Список рекомендуемой литературы
- Указатель

Eugenio Manuel Fernandez Aguilar Наука. Величайшие теории: выпуск 37: Неопределенный электрический объект. Ампер. Классическая электродинамика.

Пер. с франц. — М.: Де Агостини, 2015. — 160 с.

Андре-Мари Ампер создал электродинамику — науку, изучающую связи между электричеством и магнетизмом. Его математически строгое описание этих связей привело Дж. П. Максвелла к революционным открытиям в данной области. Ампер, родившийся в предреволюционной Франции, изобрел также электрический телеграф, гальванометр и — наряду с другими исследователями — электромагнит. Он дошел и до теории электрона — «электрического объекта», — но развитие науки в то время не позволило совершить это открытие. Плоды трудов Ампера лежат и в таких областях, как химия, философия, поэзия, а также математика — к этой науке он относился с особым вниманием и часто применял ее в своей работе. Исследователь по праву считается одним из величайших физиков XIX века.

ISSN 2409-0069

© Eugenio Manuel Fernandez Aguilar, 2013 (текст)
© RBA Collecionables S.A., 2014
© ООО «Де Агостини», 2014-2015

Еженедельное издание

Посвящается моим родителям,
Еухенио и Мариоле,
а также электричеству и магнетизму

Введение

Джеймс Клерк Максвелл проницательно назвал Ампера Ньютоном электричества: если этот великий британец объединил земную и небесную физику, то Андре-Мари Ампер известен в истории физики тем, что сделал первый шаг к объединению электрических и магнитных сил и создал новую дисциплину — электродинамику. Оба ученых объясняли эти явления одинаково, хотя они казались никак не связанными друг с другом. Согласно Ньютону, земные движения, детально изученные Галилеем, равно как и движения небесных тел, изученные Кеплером, имели одно и то же происхождение — тяготение. Согласно Амперу, магнетизм происходил из электрических токов. Однако это не единственный вклад в науку выдающегося ученого, родившегося в Лионе.

Во всем мире Ампер не так известен широкой публике, как во Франции, где его именем названы улицы, колледжи, школы... Однако любой опрос наверняка показал бы, что даже в этой стране очень немногие физики, химики, инженеры и студенты технических вузов смогли бы сказать, чем на самом деле занимался Ампер. При этом возможно, ошиблись бы и они, упомянув закон Ампера, который, строго говоря, сформулировал не этот ученый. Мы привыкли использовать в речи такие слова, как ампер, амперметр, электрический ток, а кто-то — даже соленоиду и не осознаем, что все эти неологизмы ввел именно Ампер.

Этот ученый был современником Наполеона и жил в эпоху революционных потрясений и политических перемен. Он никогда не ходил в школу, его обучением занимался отец в соответствии с интересами и склонностями, которые проявлял сын. Счастливая жизнь Ампера рухнула в 18 лет, когда ему пришлось пережить первую трагедию: его отец во время Французской революции был гильотинирован. Жизнь обошлась с этим гениальным ученым довольно жестоко: он пережил смерть первой жены, развод со второй женой, а также многочисленные проблемы, вызванные поведением сына и дочери. Материальные трудности вынуждали Ампера занимать педагогические и административные должности, и связанные с ними хлопоты отрицательно сказывались на его и без того слабом здоровье.

Андре-Мари был способным ребенком, особенно ему нравилась математика. Он оттачивал свой ум чтением энциклопедий, которые пробудили в нем стремление классифицировать и систематизировать все известные ему знания, и это стремление с годами превратилось почти в

наваждение. Ампер не был похож на холодного ученого, всецело посвятившего себя работе и безразличного к другим сторонам жизни. Напротив, исследователь был очень привязан к родным и любил поэзию. Он был продуктом самовоспитания и самообразования. И хотя самостоятельное обучение имеет немало бесспорных преимуществ, Ампер в ходе него так и не овладел методами систематической лабораторной работы, предполагающей сбор и структурирование данных и составление отчетов и докладов. Однако этот недостаток был с лихвой компенсирован невероятным математическим талантом, который Ампер искусно применял к самым разным областям знания.

Наибольшим вкладом Ампера в историю науки является созданная им теория электродинамики. Ее математическая формулировка чрезвычайно сложна для понимания широкой публики, но исходная гипотеза и выводы достаточно просты. Ампер был уже признанным математиком, когда узнал об опыте Эрстеда, доказавшем, что электрический ток воздействует на расстоянии на магнит, в частности на компас. Этот опыт положил начало изучению электромагнетизма, который в течение XIX века коренным образом изменил науку и саму научную парадигму: электричество и магнетизм перестали считаться изолированными силами и стали рассматриваться как разные стороны одних и тех же явлений. Этот важнейший период развития науки связан с именами самых разных ученых. Со многими из них — Био, Саваром, Фарадеем и другими — Ампер часто встречался, причем его сотрудничество с учеными не ограничивалось только областью электродинамики: интерес Ампера вызывали все выдающиеся современники — Коши, Френель, Дэви, Гей-Люссак, Пуансо, Лаплас, Лагранж и другие.

Красота гипотезы Ампера, объясняющей опыт Эрстеда, кроется в ее простоте: движущиеся электрические заряды ведут себя как магнит. В своей теории Ампер говорит о молекулярных токах, то есть о заряженных молекулах, которые перемещаются и оказывают магнитное воздействие. Развивая эту идею, он и создал электродинамику — дисциплину, изучающую поведение движущихся зарядов, в отличие от созданной Кулоном электростатики, которая изучает неподвижные заряды. В 1826 году Ампер опубликовал «Теорию электродинамических явлений, выведенную исключительно из опыта», которая включала в себя наиболее значимые эксперименты, поставленные исследователем на протяжении многих лет. Главной целью ученого было доказать научному сообществу, что все его выводы имеют под собой основания, что они все могут быть выведены из опыта, — отсюда и название труда. Его теория содержала математический закон,

используемый для расчета силы притяжения или отталкивания между двумя проводниками, по которым проходит электрический ток. Это был важный пример применения дифференциального исчисления к электрическим явлениям, для чего Амперу потребовались его математические знания.

Однако вклад Ампера в математику совершенно неизвестен. К сожалению, ученый не вошел в историю этой дисциплины, хотя большинство занимаемых им должностей были связаны именно с математикой. Амперу было меньше 30 лет, когда он был назначен профессором физики в Бурк-ан-Брессе Энского департамента, хотя никогда не учился в школе. Именно работая там, он начал публиковать первые математические труды и завоевывать репутацию ученого. После Буркан-Бресса Ампер перебрался в Лион, затем — в Париж. В столице он обосновался окончательно и лишь ненадолго приезжал в родной Лион, чтобы навестить родных и друзей.

Ампер не вошел и в историю химии, что кажется несправедливым, поскольку именно он сформулировал закон, похожий на закон Авогадро: количество молекул, содержащихся в газе, пропорционально его объему. Ученый провел множество опытов и исследований, которые были отвергнуты химиками, поскольку они видели в нем блестящего математика, занимающегося не своим предметом. Также он интересовался такими совершенно не техническими дисциплинами, как зоология, оптика, ботаника и психология, причем не профессионально, а следуя зову своего пытливого ума. Ампер даже разработал сравнительную систему циркуляции крови у различных животных, пытаясь найти общую схему. В своей работе он всегда стремился к поиску образцов и классификации и был настолько озабочен этим, что последние годы жизни посвятил написанию книги по философии наук. Эта тема всегда интересовала Ампера, и он обратился к ней, будучи уже состоявшимся ученым. Работа состоит из двух частей, в которых классифицируются уже известные науки и дисциплины, введенные в научный обиход Ампером. Похоже, что позднее этот труд стал известен Эйнштейну. Стоит подчеркнуть сходство жизненного пути этих двух ученых. Ампер, в отличие от Эйнштейна, не работал в патентном бюро, но входил в Общество соревнования и сельского хозяйства Энского департамента, в Консультативное бюро искусств и ремесел и в Общество содействия национальной промышленности — все учреждения связаны с промышленным использованием различных изобретений. Ампер не стал инженером, но участвовал как любитель в оптимизации различных машин. Например, он

предложил некоторые улучшения для ветряных мельниц, которыми владел друг его отца, и создал новый плуг.

Ученый умер, будучи практически неизвестным. Французскому обществу понадобились долгие годы для того, чтобы отдать дать признательности этому гению, человеку Возрождения, жившему в XIX веке. Лишь в 1974 году, в честь 200-летия со дня его рождения, Французская академия наук учредила Премию Ампера, которая вручается французским ученым за важные исследования в фундаментальных или прикладных областях математики и физики.

Сегодня мы почти везде используем электрический ток, и имя Ампера возвращается (или должно вернуться) в обиход. Когда мы ставим на зарядку мобильный телефон, то смотрим на маркировку зарядного устройства с указанием электрических параметров — например, 5 V и 1 A. Вторая величина читается как «1 ампер», и это скорость, с которой электрический ток доходит до телефона. Так давайте же, вопреки безразличию, выказанному в свое время обществом по поводу смерти ученого, вспоминать имя Ампера всякий раз, заряжая мобильные устройства.

1775 Андре-Мари Ампер родился в Лионе 20 января.

1793 Его отец Жан-Жак Ампер казнен на гильотине 24 ноября.

1799 Женится на Жюли Каррон. В следующем году рождается их первенец, Жан- Жак.

1802 Назначен профессором физики в Центральной школе Бурк-ан-Бресса. Публикует первую научную работу — «Рассуждения о математической теории игр».

1803 Назначен профессором в лицее Лиона. Умирает жена ученого.

1804 Назначен репетитором Политехнической школы в Париже.

1806 Получает должность в Консультативном бюро искусств и ремесел. Женится на Женни Пото.

1807 Назначен профессором Политехнической школы Парижа. У Ампера рождается дочь, Анн Жозефин Альбин.

1808 Назначен инспектором императорского университета. Разводится с женой.

1814 Представляет работу о рядах Тейлора и выдвигает гипотезу, сходную с гипотезой Авогадро.

1815 Становится членом Французской академии наук. Делает доклад о дифференциальных уравнениях в частных производных, а также о классификации элементов.

1820 Готовит второй доклад о дифференциальных

уравнениях в частных производных, описывающий уравнение Монжа — Ампера. Узнает об опыте Эрстеда. В «Анналах химии и физики» публикует первые сообщения об электродинамике, а позже — другие сообщения об опытах по электродинамике.

1824 Публикует «Доклад об электродинамических явлениях», подводящий итог предыдущим исследованиям. Пишет автобиографию. Назначен профессором Коллеж де Франс.

1826 Представляет культовый труд по электродинамике — «Теорию электродинамических явленийу выведенную исключительно из опыта*.

1828 Отказывается от должности в Политехнической школе Парижа.

1834 Публикует первый том «Наброски по философии науки». Второй том будет опубликован посмертно сыном ученого.

1836 Умирает 10 июня в Марселе от воспаления легких.

ГЛАВА 1
Неподвижные заряды

В конце XVIII века Франция пережила революцию, повлекшую за собой радикальное изменение политической и социальной системы. В годы нищеты и трудностей молодой человек по имени Андре-Мари Ампер занимался самообразованием, черпая знания в библиотеке своего отца. В то же самое время был открыт закон взаимодействия неподвижных электрических зарядов. Назван он был по имени своего открывателя, Шарля Огюстена де Кулона.

Андре-Мари Ампер родился в Лионе в 1775 году и умер в Марселе в 1836-м. Таким образом, он был свидетелем всех революционных событий, изменивших его страну. Это был период подъема науки. Ампер жил в эпоху политических и государственных изменений: помимо перехода от старого режима к Революции, он увидел царствование Наполеона, Людовика XVIII, Карла X и, под конец жизни, Луи-Филиппа. На образование Ампера повлияла политическая нестабильность: школьная система была серьезно затронута различными реформами в области публичного образования.

Очевидно, что в такое беспокойное время Ампер не мог получить системного образования, и решающую роль в его становлении как ученого сыграло влияние отца. Отец симпатизировал деятелям Просвещения, особенно Руссо. Его решение было радикальным: он не отдал сына в школу, а начал обучать его самостоятельно. В итоге Ампер столкнулся со школой гораздо позже, уже в качестве преподавателя.

С самого детства Андре-Мари воспитал в себе исследовательскую строгость, которую он усвоил из трудов по математике и ботанике, обнаруженных в библиотеке отца. Его жизнь протекала спокойно и порой счастливо, но были в ней и трагические периоды, во время которых затухала даже его неистощимая жажда познания. В первый раз это произошло, когда юноше едва исполнилось 18 лет: его отец-вольнодумец поплатился головой за свои политические взгляды. Во второй раз беда пришла на смену самому счастливому, по собственному выражению Ампера, периоду его жизни: в 1803 году после долгой болезни, приковавшей ее к постели на три года, умерла жена ученого, Жюли Каррон, с которой он вступил в брак в 1799 году.

НЕПРЕОДОЛИМОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ

В 1777 году французский ученый Шарль Огюстен де Кулон (1736-1806) изобрел крутильные весы, с помощью которых сформулировал закон взаимодействия двух точечных электрических зарядов.

Крутильные весы — это прибор, представляющий собой горизонтальную ось, закрепленную на проволоке или нити, способной к кручению. К краям горизонтальной оси подвешены металлические шарики, которые могут нести заряд и, таким образом, вступать между собой в электростатическое взаимодействие.

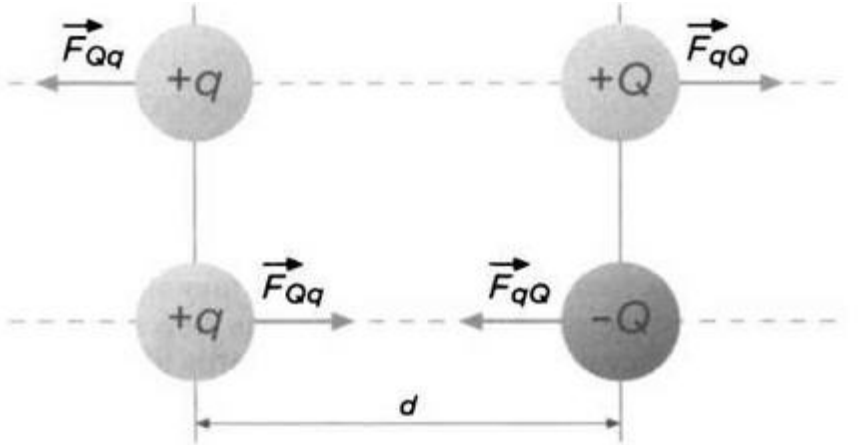
Закон Кулона связывает электростатические силы с переменными, от которых они зависят, то есть со значением заряда (Q и q) и расстоянием, их разделяющим (d). Если мы также учтем коэффициент пропорциональности (K), зависящий от среды, где происходит взаимодействие, то закон Кулона (см. рисунок на стр. 19) математически можно выразить следующим образом:

$F = K \cdot Q \cdot q / d^2$.

Закон Кулона очень важен в силу его сходства с законом всемирного тяготения Ньютона, он позволяет рассчитать силу притяжения между двумя точечными зарядами m и M, находящимися на расстоянии d:

$F = G \cdot m \cdot M / d^2$,

где G — постоянная всемирного тяготения, которая в данном случае не зависит от среды. Ньютон опубликовал этот результат веком раньше, в 1687 году. Закон Кулона, таким образом, используется для изучения взаимодействия электростатических зарядов, а закон Ньютона — для описания взаимодействия масс, в нем действует только сила притяжения. Есть соблазн подумать, что между этими двумя выражениями существует некоторое сходство, как в случае отталкивания зарядов, так и в случае их притяжения. Важным было наблюдение, что сила взаимодействия уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. Это открытие занимало умы ученых более века. XVII век был веком тяготения, XVIII — веком электростатики, XIX — веком электромагнетизма и электродинамики. Когда Кулон придумал свои крутильные весы, Амперу было два года. Он вырос и стал первым ученым, корректно использовавшим закон обратных квадратов в области магнетизма. Также Ампер впервые предположил, что электричество и магнетизм являются двумя сторонами одной медали.



Между одноименными зарядами действует сила отталкивания, между разноименными — сила притяжения.

СРАВНЕНИЕ СИЛ

Сегодня взаимодействия в природе обычно делят на четыре вида: гравитационное, электромагнитное, слабое ядерное и сильное ядерное. Во времена Ампера было известно гравитационное взаимодействие, а также считалось, что существует электрическое взаимодействие и магнитное взаимодействие. Ученые искали соответствия между гравитационными, электрическими и магнитными силами. Интересно сравнить силу притяжения двух протонов, а потом — силу их отталкивания. Несмотря на очевидное сходство используемых законов, опыты показывают, что различия значительны. Два протона находятся на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме. Масса протона равна 1, 67·10^{-27} кг, его заряд равен 1, 6·10^{-19} К, гравитационная постоянная G равна 6, 67·10^{-11} Н·м^2/кг^2 и электрическая постоянная в вакууме k равна 9·10^9 Н·м^2/К^2. Благодаря этим данным получаем

Fg = G (m^{p+}·m^{p+})/d^2 = 6, 67·10^{-11} Н·м^2/кг^2·(1, 67·10^{-27} кг·1, 67·10^{-27} кг)/1м^2 = 1.9·10^{-64} Н

Fe = k(q^{p+}·q^{p+})/d^2 = 9·10^9 Н·м^2/кг^2·(1, 6·10^{-19} кг·1, 6·10^{-19} кг)/1м = 2.3·10^{-28} Н

Если разделить электрическую силу на гравитационную, получим

Fe/Fg = 2.3·10^{-28} Н/1.9·10^{-64} Н = 1.2·10^{36}.

Электрическая сила отталкивания между двумя протонами на расстоянии 1 м больше в 1, 2·10^{36} раз

гравитационной силы между ними. Другими словами, электростатическое взаимодействие удивительным образом больше взаимодействия гравитационного.

ОДАРЕННЫЙ САМОУЧКА

Однако вернемся к генеалогии Андре-Мари Ампера. Каменщик по имени Клод Ампер обосновался в Лионе в середине XVII века. Его сын Жан Жозеф Ампер некоторое время следовал по пути отца, а затем решил стать торговцем.

В 1693 году Жан Жозеф женился на Симоне Рапийон, дочери торговца. В этом браке родился Франсуа Ампер, который посвятил жизнь производству шелка и торговле им. Только через три поколения семья Амперов сумела стать частью торговой буржуазии Лиона, что позволило ей войти в самые влиятельные круги города. Франсуа женился на дочери парламентского адвоката Анн Бертей. У них родилось четверо детей, последний из которых, Жан-Жак Ампер, продолжил дело отца. В июле 1771 года Жан-Жак женился на Жанне Антуанетте де Сютьер-Сарсей, также происходившей из семьи производителей шелка. Семьи Амперов и Сарсей процветали в царствование Людовика XV, однако революция лишила их потомков этого благополучия. У Жан-Жака и Жанны Антуанетты родилось трое детей.

С одной стороны, это была самая обыкновенная семья, каждое поколение которой поднималось все выше по социальной лестнице. Однако Андре-Мари Ампер стал не обычным ее представителем, а одним из самых исключительных ученых в истории Франции. Итак, в отличие от многих других гениев, Ампер вышел из семьи торговцев.

Жан-Жак Ампер и Жанна Антуанетта купили небольшой домик в деревне Полемье-о-Мон-д'Ор. В детские годы Андре-Мари Ампера по соседству с ними жили еще пять семей буржуа из Лиона, а всего деревушка едва насчитывала 400 жителей. Дом был куплен за 20 тысяч ливров. Кроме того, дядя Жанны Жак де Сютьер-Сарсей подарил супругам 25 тысяч ливров. Добавим сюда и мебель стоимостью около 6 тысяч ливров — часть наследства Жанны. Общее состояние пары составляло около 100 тысяч ливров, что было по тем временам немалой суммой.

Сначала супруги жили не в Полемье, а в фамильном доме Жан-Жака, под номером 44 по улице Сен-Антуан города Лиона. Там 20 января 1775 года и родился Андре-Мари. Дом стоял у слияния Роны и Соны. Андре-Мари был вторым ребенком, у него

была старшая сестра Антуанетта (родилась в 1772 году) и младшая, Жозефина (родилась в 1785 году). Он был единственным мальчиком в семье.

Сведения о детстве Андре-Мари скудны, хотя мы располагаем двумя их главными источниками. Первый — автобиография Ампера, написанная ученым за 12 лет до смерти, в 1824 году, она представляет собой крайне интересный исторический документ, содержащий ценную информацию о его самообразовании. Стоит заметить, что это выдающееся жизнеописание ученого, в котором Ампер говорит о себе в третьем лице. Второй источник — это биография, написанная французским ученым и политиком Франсуа Араго (1786-1853): она во многом подтверждает написанное в автобиографии, но ей порой не хватает объективности. Араго, который часто встречался с Андре-Мари, очень ценил их научное сотрудничество, как мы увидим позже.

В первые семь лет своей жизни Андре-Мари жил то в городе, то в деревне — прекрасная комбинация для естественного воспитания мальчика. Его отец в то время жил, главным образом, в Лионе, но мать с детьми время от времени уезжала в Полемье для отдыха от неспокойной городской жизни. В 1792 году вся семья решила перебраться в деревенский дом, сведя пребывание в Лионе к коротким зимним периодам и поездкам по торговым делам.

Стоит напомнить, что расстояния в те времена воспринимались иначе. Хотя Полемье и Лион разделяли всего 10 километров, путешествие затрудняли плохие дороги, которые после дождей становились практически непроходимыми. Однако это не мешало Андре-Мари считать домом именно Лион.

Его отец, страстный почитатель Жан-Жака Руссо (1712- 1778), развивал в сыне пытливый ум. Он решил не подвергать мальчика формальному и строгому образованию, практиковавшемуся в школах, и начал обучать его самостоятельно. Отец никогда не заставлял сына учиться, но развивал в нем жажду к знаниям, как вспоминает сам Ампер на страницах автобиографии. Некоторые исследователи полагают, что отец Ампера хотел воплотить на практике идеи романа Руссо «Эмиль, или О воспитании», который считается первым педагогическим трактатом. Однако Джеймс Хофман, выдающийся биограф Ампера, справедливо утверждает, что не существует никаких доказательств того, что отец Андре-Мари пытался воспитать сына строго в соответствии с принципами Руссо. Он подчеркивает преимущества деревенского воспитания, которое и Руссо считал крайне важным. Сельская среда позволяла Андре-Мари наблюдать за природой и развивать способность к анализу, которая потом очень пригодилась ему в

научной деятельности. Как бы там ни было, мальчик начал свое образование под руководством отца и продолжал его самостоятельно на протяжении всей жизни. Он наслаждался образованием без принуждения.

МУЗЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Сегодня в семейном доме Амперов в Полемье-о-Мон-д'Ор находится музей электричества, посвященный Андре-Мари Амперу. В 1793 году домик был реквизирован французским правительством, но через два года его вернули Жанне Антуанетте, матери ученого. После ее смерти в 1809 году дом был поделен на две части между наследниками, одна часть отошла Андре-Мари, а другая — его сестре Жозефине, которая отказалась от своей части в 1812 году.

Андре-Мари продал земли между 1818 и 1819 годами. Поль Жане, основатель Общества друзей Андре-Мари Ампера, уговорил американских промышленников Состенса и Хермана Бэна выкупить дом и передать его в дар Французскому обществу электричества в 1928 году. Музей электричества был открыт 1 июля 1931 года. В нем представлены различные предметы, принадлежавшие ученому и его семье, рукописи, лабораторные инструменты, мебель и так далее.

Музей электричества, посвященный Амперу, в Полемье-о-Мон-д'Ор, Франция.

С юных лет Ампер показал себя впечатлительным и творческим человеком — до такой степени, что в 1782 году он сочинил поэму в честь старшей сестры, умершей от туберкулеза в

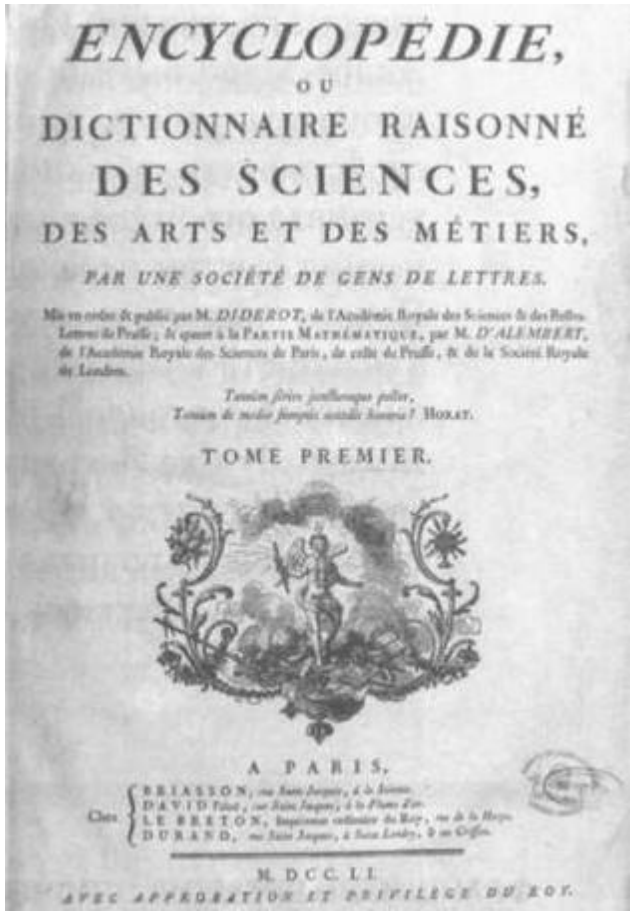
феврале того же года. Всю жизнь он любил поэзию и сам писал поэмы. Вообще Ампера интересовало любое чтение: романы, стихи, рассказы о путешествиях, репортажи и, конечно, научные тексты любой сложности. У его отца, в доме в Полемье, была знаменитая «Энциклопедия, или Толковый словарь наук, искусств и ремесел», изданная Жаном Лероном Д'Аламбером (1717-1783) и Дени Дидро (1713-1784), которую Андре- Мари прочел страницу за страницей в течение 1786 года. Араго в своей «Хвале Амперу» рассказывает, что уже во взрослые годы его друг пересказывал ему целые куски из этого важного произведения, прочитанного полувеком ранее, о таких предметах, как соколиная охота или геральдика. Ампер рано открыл в себе страсть к природе благодаря «Естественной истории» натуралиста Жоржа-Луи Леклерка (1707-1788), графа де Бюффона. Также он любил читать труды Гомера, Лукиана, Вольтера и других мыслителей. Свободное образование, основанное на его собственных интересах, и необыкновенная память позволили мальчику выучить наизусть целые страницы трагедий Расина и текстов Вольтера.

В автобиографии Ампер рассказывает, что уже в 13 лет он читал «Элементы математики» Ривара и Мазеаса, а кроме того — произведения Клеро, Ля Шапеля и Лопиталя. Примерно в это время же он отправил в Академию Лиона исследование о спрямлении окружности. Текст не был принят всерьез, его не опубликовали, но содержание работы свидетельствует о большом интересе мальчика к научным исследованиям.

При этом Ампер не смог самостоятельно освоить элементы дифференциального исчисления и интегралы, и его отец вынужден был обратиться за частными уроками к Дабюрону. Библиотека этого профессора теологии колледжа Троицы в Лионе поражала воображение. Юный Ампер нашел в этом волшебном месте несравненный кладезь знаний, о котором будет вспоминать в автобиографии.

В результате общения с Дабюроном Ампер заинтересовался работами Леонарда Эйлера (1707-1783) и Даниила Бернулли (1700-1782). Удивленный подобным интересом, отнюдь не свойственным мальчикам в таком возрасте, Дабюрон предупредил Ампера, что произведения этих авторов написаны на латыни.

Ампер на документе Французского Института, членом которого он стал в 1814 году.


ENCYCLOPEDIE,

OU

DICTIONNAIRE RAISONNÉ

DES SCIENCES,

DES ARTS ET DES MÉTIERS,

PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par M. DIDEROT, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Prusse; & quant à la PARTIE MATHÉMATIQUE, par M. D'ALEMBERT, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, & de la Société Royale de Londres.

Tantùm series juncturaque pollet,
Tantum de medio sumptis accedit honoris! HORAT.

TOME PREMIER.

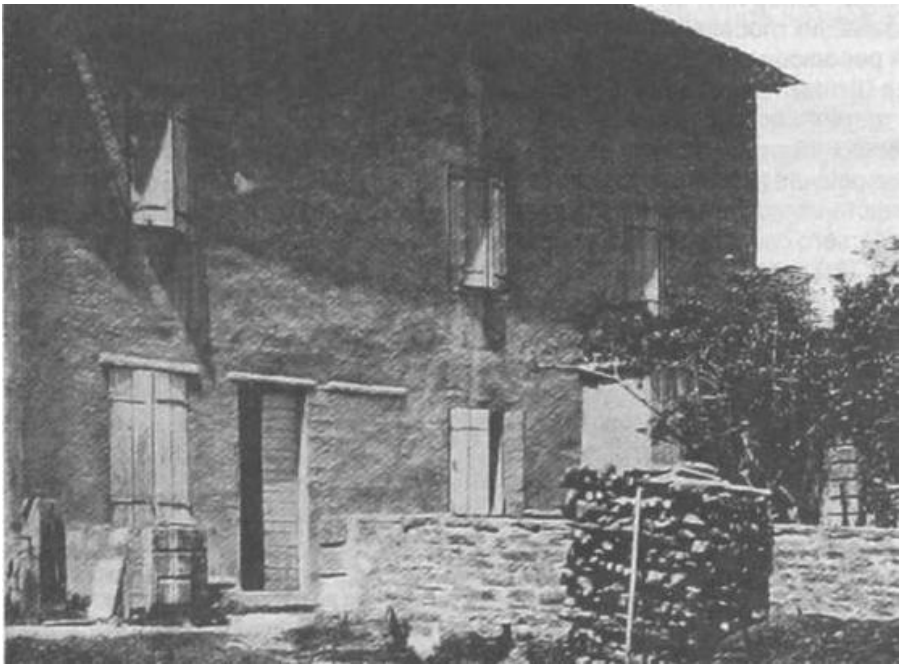
A PARIS,

Chez { BRIASSON, rue Saint Jacques, à la Science.
DAVID l'aîné, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.
LE BRETON, Imprimeur ordinaire du Roy, rue de la Harpe.
DURAND, rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.

M. DCC. LI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

Обложка «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремесел» Д'Аламбера и Дидро, издание 1751 года.



Дом Амперов в Полемье в 1901 году.

И Франсуа Араго рассказывает, что юный Андре-Мари выучил латынь с единственной целью — чтобы прочитать работы этих математиков. Вообще Амперу была свойственна необыкновенная способность к концентрации: он усваивал огромное количество информации за короткое время и умел быстро переключаться с одного предмета на другой. Похоже, именно отец учил его латыни и другим дисциплинам, а знакомство Ампера с арифметикой, геометрией, метафизикой и поэзией состоялось благодаря книгам Дабюрона. В 1788 году Жозеф Луи де Лагранж (1736-1813) опубликовал в Париже свою знаменитую «Аналитическую механику». Этот научный текст Ампер прочитал в юности, и он навсегда оставил след в его жизни. Казалось, что ему по силам книги на абсолютно любую тему.

ФРАНЦИЯ ВО ВРЕМЕНА ОТРОЧЕСТВА УЧЕНОГО

Андре-Мари Ампер жил во времена социальных и политических потрясений, вызвавших глобальные перемены. На его отрочество пришлась Французская революция (1789-1799). В 1789 году Людовик XVI созвал Генеральные Штаты — собрание, состоявшее из трех сословий: духовенства, знати и третьего сословия (представителей

буржуазии некоторых городов). Экономический и социальный вес буржуазии в XVIII веке усилился, третье сословие решило провозгласить себя Национальным Собранием — органом, представляющим весь народ, а не только буржуазию. 9 июля представители третьего сословия собрали Национальное учредительное собрание. 14 июля 1789 года народ, страшась расправы со стороны монархии, взял Бастилию. К движению присоединились другие города. Многие привилегии знати и духовенства (которое владело наибольшим количеством земель страны) были упразднены. 3 сентября 1791 года была принята первая в истории Франции Конституция, и это событие ознаменовало начало периода конституционной монархии, когда король делил власть с законодательным собранием. Этот период закончился в августе 1792 года, с провозглашением Первой Республики. Появились клубы — объединения, представлявшие сторонников различных политических интересов: якобинцев, жирондистов и так далее. С 1792 по 1794 год шел период Террора, во время которого был казнен король (1793), а в 1795 году была утверждена новая Конституция, установившая Директорию. Затем в результате государственного переворота 9 ноября 1799 года (18 брюмера) Наполеон Бонапарт установил Консульство, чтобы предотвратить возможное восстановление монархии.

Гравюра, изображающая казнь Людовика XVI в 1793 году.

Начиная с 1786 года отец Ампера начал интересоваться административным поприщем и в 1791 году стал мировым судьей. Находясь в этой должности, он вынужден быть принимать участие в кровавых событиях в Лионе между 1792 и 1794 годами, в разгар Террора. Старший Ампер вел процесс против главы

якобинцев Шарлье, который был виновен во многих преступлениях и приговорен в июле 1793 года к смертной казни. Между августом и сентябрем Лион был занят монархистами. Опасаясь ухудшения ситуации, Париж приказал казнить судью, ответственного за процесс над Шарлье. Отец Ампера был гильотинирован 24 ноября 1793 года. Его сыну было 18 лет.

Последовавшая после казни конфискация имущества практически разорила семью Амперов. Андре-Мари погрузился в глубокую депрессию. Это было первое несчастие из их долгой череды, преследовавшей ученого на протяжении всей жизни. Юноша утратил вкус к чтению, замкнулся в себе почти на целый год, погрузившись в наблюдение за небом, землей и природой вообще. Стряхнуть это интеллектуальное оцепенение ему помогли «Письма о ботанике», которые Руссо написал мадам Делессер, чтобы побудить ее дочь к изучению этой науки. Будучи еще совсем юным, Ампер демонстрировал интерес и даже манию к классификации, и труд Руссо лишь развил эту врожденную склонность. Книга сыграла ключевую роль в его будущем видении познания и понимании науки. Другой книгой, способствовавшей выздоровлению Андре-Мари, была ОдаX из II книги Горация: речь идет о Auream quisquis mediocritatem, посвященной Лицинию. Aurea mediocritas — это идеальное состояние, в котором человек укрывается от крайностей, находя счастье и благополучие в достижении золотой середины. Вдохновленный Ампер осуществлял долгие ботанические прогулки с томом Corpuspoetarum latinorum, произведением британца Уильяма Сидни Уокера (1795-1846).

С юного возраста Ампер был свидетелем религиозности матери — в отличие от отца, который, по словам ученого, никогда не испытывал чувств подобного рода. Более того, знания, которые отец старался передать сыну, по большей части противоречили религиозной доктрине. Ампер-старший вспомнил о Боге лишь накануне казни, в прощальном письме к жене. В результате жизнь Андре-Мари была полна сомнений и экзистенциальных кризисов. Мать поддерживала его в трудные минуты, и, в принципе, ученый никогда не отдалялся от Бога. Позднее он вспоминал о своем первом причастии как о важном событии, а его настольной книгой всю жизнь был труд немецкого монаха Фомы Кемпийского (1380-1471) «Имитация Иисуса Христа». Ученый даже продекламировал несколько строк из нее на смертном одре.

В твердости своего сына я совершенно уверен.
Жан-Жак Ампер, отец Андре-Мари, в прощальном письме,

написанном накануне казни

Стоит вновь подчеркнуть страсть Ампера к поэзии, о которой мало известно широкой публике и даже его биографам. Однако именно поэзия сыграла решающую роль в выздоровлении юноши после потери отца. Казалось, она подталкивала его творческий гений, необходимый для формулировки научных гипотез. Выздоровев, Ампер приступил к написанию «Америсида». В этом небольшом сочинении чувствуется романтическая ностальгия по другому миру, Американскому континенту, пока не тронутому цивилизацией и не испорченному европейскими варварами.

ВСЕ ОБ АМПЕРЕ

«Ампер и история электричества» — так называется веб-сайт, содержащий подробную информацию о французском ученом (www.ampere.cnrs.fr). Этот сайт создан редакционной командой Национального центра научных исследований (CNRS) при поддержке различных официальных учреждений, в том числе совместно с Обществом друзей Андре-Мари Ампера. Это превосходно документированный ресурс, содержащий исчерпывающую библиографию работ о жизни и произведениях Ампера, иногда со ссылками на соответствующие документы. На сайте доступны практически все труды физика и математика, в том числе его переписка (более тысячи писем и личных документов). Также здесь есть доступ ко многим оцифрованным рукописям ученого, они разделены на 500 папок и представляют собой 54 тысячи фотографий. Кроме того, на сайте представлена краткая история электричества и магнетизма, подчеркивающая роль Ампера в объяснении этих явлений.

Подпись Андре-Мари Ампера.

В юности у Ампера было много общих интересов с Жаном Станисласом Куппье, его другом, который жил в Клавессоле, деревне на севере от Лиона. Они регулярно встречались в Лионе или в доме Амперов в Полемье.

В итоге Ампер стал обучать своего друга, который тоже интересовался всевозможными научными знаниями, математике.

Во время бесконечной зимы 1795-1796 года он переписывался с Куппье: молодые люди обменивались длинными подробными письмами, в которых речь шла только о математике. Ампер даже описал в этих письмах свои наблюдения, сделанные с помощью телескопа, который он сам собрал. Андре-Мари посылал своему другу данные об Уране — планете, открытой десятью годами ранее немцем Фридрихом Вильгельмом Гершелем (1738-1822). Возможно, это был его первый опыт преподавания.

Словом, детство Ампера можно считать почти идиллическим. Он рос в непринужденной атмосфере, окруженный любовью родных, и получал образование в соответствии со своими интересами и собственным темпом обучения. Поиски истины, жажда познания и страсть к классификации, свойственные Амперу с детства, сыграли важнейшую роль в его научном будущем.

ГЛАВА 2
Жить математикой

Долгое время именно преподавание математики давало Амперу средства к существованию. Начал он с работы преподавателем в школе Бурк-ан-Бресса, потом переехал в Лион, а затем получил, наконец, должность в Политехнической школе Парижа. Ампер завоевал место в научном сообществе благодаря докладу о математической теории игр и публикациям о дифференциальном исчислении.

В 1777 году, когда Кулон начал использовать свои крутильные весы, в Германии родился Карл Фридрих Гаусс (1777-1855). Этот король математики оставил свой след в самых разных научных дисциплинах благодаря множеству блестящих результатов.

В области физики стоит вспомнить о законе Гаусса, который используется для определения электростатического и гравитационного поля. Аналогичным законом в области магнетизма является закон Ампера, хотя, несмотря на это название, сформулировал его не Ампер, как мы увидим далее. Расцвет дифференциального и интегрального исчисления пришелся на XVIII-XIX века и был связан с теоретическими задачами физики. Глубокие изменения в этой области, происходившие при жизни Ампера, достигли пика во второй половине XIX века — благодаря прогрессу в математике и, конечно, аналитическому уму шотландца Джеймса Клерка Максвелла (1831-1879).

Несмотря на то что первая преподавательская должность Ампера была связана с физикой, именно математика позволила ему занять все последующие посты. Он долгие годы занимался самообразованием в этой сфере, собирая знания, которые впоследствии позволили ему развить теорию электродинамики. Без этого образования Ампер никогда не смог бы достигнуть лучших своих результатов. Математика позволила ему устроить и свою жизнь — жизнь, которую трудно понять вне эмоциональных переживаний ученого.

РОМАНТИЧНЫЙ ЮНОША

Некоторые свои жизненные трудности Ампер описал не

только в автобиографии, но и в личных дневниках. В этих записях можно найти упоминания и о Жюли Каррон. Эта юная девушка с «золотыми волосами и изумрудными глазами», которая стала женой Ампера, происходила из буржуазной семьи из Сен-Жермен.

Андре-Мари познакомился с ней, когда ему был 21 год. Он проводил время в Полемье со своей матерью 47 лет и 11-летней младшей сестрой. У него с Жюли оказалось много общего: у обоих были дома в Лионе и деревне, лионские дома находились в одном квартале в центральной части города, их родители торговали шелком. Ампер начал бывать в лионском доме Жюли, якобы чтобы одолжить книги, — так началось ухаживание, которое длилось многие месяцы. Между апрелем и сентябрем он сблизился с матерью Жюли, ее братом и сестрой — Жаном Этьеном (Франсуа) и Элизой, а также с ее зятем Жаном-Мари Периссом (Марсиль). Ампер пишет в своем дневнике, что в октябре 1796 года он открыл сердце матери Жюли. Вначале юноша столкнулся с холодностью и безразличием девушки, которая даже попросила его ограничить визиты. Однако Андре-Мари не отступился, он хотел завоевать Жюли и сделал все, чтобы преуспеть в этом.

В последние месяцы 1796 года и в следующем году Ампер не оставлял усилий, в его дневнике мы можем найти множество подробностей, которые позволяют нам представить этот роман во всех деталях. Во время визитов в дом семьи Каррон Ампер принимал участие в настольных играх, составлении шарад, беседах и так далее. В том же году он решил давать частные уроки математики (в комнате, которую Марсиль предоставил в его распоряжение) и использовал для этого учебник по дифференциальному и интегральному исчислению Сильвестра Франсуа де Лакруа (1765-1843). Хотя Андре-Мари не посещал школу, он знал обо всех новшествах в академической среде.

В своем дневнике Ампер пишет, что в январе 1798 года Жюли приехала в Полемье, но нам неизвестно, какие чувства она испытывала в то время к молодому человеку. По некоторым признакам можно сделать вывод, что она интересовалась им, а кроме того, Андре-Мари поощряла в ухаживаниях и мадам Каррон. Жюли позволила себе некоторые знаки внимания по отношению к поклоннику, и эти поступки, которые сегодня кажутся незначительными, такие как разговоры наедине, прогулки вдвоем, держание за руку, в те времена имели совсем другое значение. Мать Жюли упростила сближение молодых людей, она позволяла им сидеть рядом и обеспечивала интимность, которая, впрочем, не противоречила обычаям XVIII

века.

Воскресенье 10 апреля. Я увидел ее в первый раз.
Из дневника Ампера за 1796-1798 годы о Жюли Каррон

Дневник Ампера обрывается 14 февраля 1798 года, поэтому у нас нет достоверной информации о том, как именно отношения молодых людей получили официальный статус. В марте 1799 года Ампер из-за кори прекратил свои визиты. Именно тогда он начал писать письма Жюли, которая находилась в Сен- Жермене. Ответы девушки свидетельствуют о ее осмотрительности, которая тем более заметнее рядом с влюбленностью Ампера. Она предостерегала его от спешки, из-за которой он мог все потерять.

Ампер сохранил первое письмо от Жюли. Обычно он называл его своим талисманом и целовал листок в минуты отчаяния, которые ему пришлось пережить позднее. К величайшей радости Андре-Мари, в июле они обручились. Жюли не разделяла научных интересов будущего мужа и предпочитала им чтение литературных и исторических произведений.

Страсть юного Ампера в итоге победила сопротивление девушки. Впрочем, он демонстрировал такое же рвение и в своих исследованиях на протяжении всей жизни. Обе семьи придерживались католической веры и организовали тайную религиозную церемонию 6 августа 1799 года, хотя церковные свадьбы были запрещены республиканским правительством. На следующий день состоялось гражданское бракосочетание. Согласно Анриетте Шевро — увлеченной исследовательнице переписки Ампера — на свадьбе присутствовал французский поэт Пьер Симон Балланш (1776-1847), который прочел гимн в честь новобрачных.

Рядом с Жюли Каррон Ампер прожил самые счастливые годы своей жизни, однако радость продлилась всего четыре года и была внезапно прервана смертью Жюли в 1803 году. Ей тяжело далось рождение единственного сына, Жан-Жака, и Жюли так и не оправилась после родов, которые состоялись 12 августа 1800 года.

Ампер продолжал давать частные уроки в Лионе, где он сблизился с узким кругом интеллектуалов, писателей, философов и просто друзей, которые все были верующими. Этот круг распался 18 февраля 1802 года, с назначением ученого профессором физики в Центральной школе Бурк-ан-Бресса, в Энском департаменте. Ампер оказался перед выбором: школа находилась в 60 километрах от Лиона, и он был вынужден доверить уже больную Жюли и их сына заботам своей семьи.

Благодаря матерям, сестрам и другим членам семьи супруги стойко перенесли разлуку. Именно тогда начались их восхитительные эпистолярные отношения, которые длились весь этот период. Мы располагаем наибольшим количеством документов о личной жизни Ампера именно в эти годы.

Разлука прерывалась короткими встречами на рождественские и пасхальные каникулы, хотя Ампер использовал эти периоды и для укрепления отношений с университетским миром. В переписке есть необыкновенно нежные места, которые могли бы подойти любой современной паре, если бы она столкнулась с проблемами, связанными с деньгами и здоровьем. Ампер часто называл жену своей «благодетельницей», а она его — «мое дитя». Иногда он писал письмо несколько дней, словно ведя дневник. Некоторые строчки целиком состоят из слов любви. Пара обсуждала обычную жизнь, семью, друзей. Он посылал ей списки расходов, она описывала успехи сына. Он рассказывал о школе, она — о режиме, который назначил ей доктор. В переписке упоминаются и первые работы Ампера.

ПОЭТИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ

Андре-Мари Ампер в разные периоды своей жизни писал стихи. Наиболее плодотворными были месяцы, когда он ухаживал за своей первой женой, Жюли Каррон. Ей, а также ее сестре, Элизе, посвящено наибольшее количество стихов. Андре-Мари продолжал сочинять и после, однако с меньшей интенсивностью и глубиной. Общество друзей Ампера собрало часть его стихов в книге «Поэтические моменты». Ученый обычно посылал Жюли стихи в своих письмах. Так, 25 ноября 1825 года он отправил ей на день рождения такие строки (мы даем их в вольном переводе).

Этот прекрасный день нежности
Освещает вновь мое счастье.
Ах! Если бы мог он грусть
Навсегда изгнать из твоего сердца,
Если б принес он моей Жюли
Забвение несчастий, от которых стра
дала она,
Эти мгновения, о, мой друг,
Стали бы еще более ценными для меня.
Дорогая, этой надежде
Отвечает небо своим благоволеньем,

И твоя жизнь
От его голоса зацветает.
Во всем, что тебя касается, я вижу
Его дары, укрепляющие твое счастье,
Улыбка украшает твои уста,
Покой царит в твоем сердце.
Я вижу счастливые годы,
Самый нежный покой
Тебе уготован
В окружении мужа и сына.
Небо горестям этой невинности
Скоро положит конец… О, верь мне!
И если существует воздаяние за добро детели,
Оно принадлежит тебе.
С какой радостью повторяет мое сердце
Эти стихи, продиктованные любовью!
Это словно праздник,
Повторяющийся ежедневно!
Ах, увидеть бы нежные слезы,
Что роняют любимые очи,
И твоим поцелуем пусть будут
Вознаграждены мои труды.

Переписка с женой быстро стала для ученого необходимостью. Она придавала ему силы и помогала справляться с переменами: Ампер делал первые шаги в качестве преподавателя, он открывал свою первую лабораторию, знакомился с новым городом, проводил собственные эксперименты, содержал два дома и так далее. Ученый взял на себя серьезную ответственность, особенно для человека, который до этого вел довольно спокойную жизнь. Ампер работал не только в центральной школе, но и преподавал в средней школе, что позволяло ему оплачивать медицинские расходы, вызванные болезнью Жюли.

В Бурк-ан-Брессе Ампер утвердился как ученый, доказав свое право на место в научном кругу. Он установил профессиональные и дружеские отношения с Франсуа Клерком, профессором математики Центральной школы. Последний помог ему оборудовать химическую лабораторию, в которой Ампер провел первые опыты. Андре-Мари рассказывал Жюли об обустройстве лаборатории и вызывал ее нежные упреки рассказами о всяческих связанных с этим происшествиях.

Подчеркнем, что мы говорим о человеке, который всему

учился сам и который проводил в лаборатории свои первые опыты. Занятия по физике и химии требовали от Ампера серьезной подготовки, которая занимала весь день. Зато занятия по математике в средней школе не отнимали столько времени. Твердость и настойчивость в работе помогли ученому завершить образование и позволили ему заняться наукой. В это время были опубликованы его первые работы по математике. У Ампера была привычка писать письма по ночам, после изнурительного рабочего дня, когда он сидел в одиночестве в своей съемной комнате. Часто последнюю мысль перед сном он также посвящал жене и записывал ее. На следующее утро ученый возвращался к письму, говорил о своем желании воссоединиться с Жюли и интересовался ее здоровьем. Так прошло 15 месяцев.

Наконец ценой неимоверных усилий желание Ампера осуществилось: в апреле 1803 года его назначили профессором лионского лицея. А через несколько месяцев, в июле, Жюли умерла. В последние два года она страдала от жутких болей, но не прекращала заботиться о муже, сыне и семье. Без сомнения, именно она вдохновила первую математическую публикацию основателя электродинамики.

ПЕРВЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

Большую часть 1802 года Андре-Мари посвятил работе над «Соображениями о математической теории игры». Публикация этого труда имела целью впечатлить экзаменационную комиссию лионского лицея, чтобы Ампер смог получить новую должность и переехать к семье. Идея исследования пришла ему в голову во время настольной игры в Полемье за много лет до этого, о чем свидетельствует и письмо к его другу Куппье.

Исследуемая проблема формулировалась следующим образом: какова вероятность того, что игрок потеряет все состояние во время серии игр? Работа начинается с ввода переменных и условий. Рассматривается игрок, который в каждой партии ставит определенную часть своего состояния. Если игрок разделит свое состояние на m частей, в самом худшем варианте он потеряет все по ходу игры; это произойдет через m партий. Однако он может выиграть p раз, и в этом случае проиграет после m + p партий.

Представим теперь, что q выражает отношение между вероятностью выигрыша и проигрыша. Заметим, что q зависит от типа игры. Например, при подбрасывании монетки речь пойдет о

соотношении 1/1, поскольку вероятность выигрыша равна вероятности проигрыша. Однако при бросании шестигранной кости значение q будет выражаться 1/5 (возможен выигрыш в одном случае и проигрыш в пяти других). Исходя из этих определений вероятность того, что игрок проиграет все свое состояние, одержав p побед и проиграв m + p раз, будет равна

$m!(m + 2p - 1)!/(p!(m + p)!)\ q^{P}\ (1 + q)^{-(m+2p)}$.

Исход игры не в пользу игрока, если, в частности, $q < 1$, то есть если вероятность выигрыша меньше вероятности проигрыша.

Для ясности мы можем рассмотреть ситуацию с шестигранной костью. Предположим, что у игрока есть один евро, в случае выигрыша он получает еще один евро, а в случае проигрыша теряет свои деньги. Вероятность успеха (A) равна 1/6, вероятность проигрыша (F) — 5/6. Таким образом, существует бесконечное количество вариантов, выраженных в древовидной схеме, которые приводят к проигрышу игрока (см. рисунок). Однако в этой схеме есть нечто особое: она имеет неравномерную структуру. Некоторые ее ветки не имеют продолжения — в случаях когда игрок все проигрывает.

Представленное на рисунке дерево упрощает понимание вариантов, поскольку каждый уровень обозначает новую партию. Таким образом мы можем проанализировать возникающие после каждой партии возможности и увидеть, что развитие ситуации становится все более сложным.

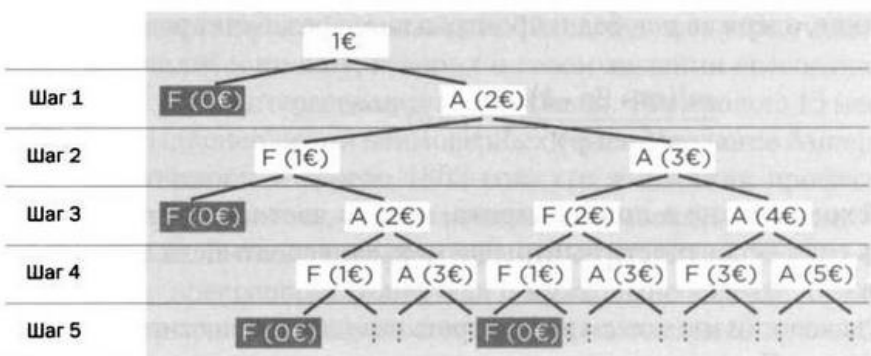
Партия 1: начальная ставка 1 евро.

F (игрок теряет евро и заканчивает партию, вероятность 5/6, то есть 83, 3 %).

A (игрок выигрывает евро, теперь у него есть 2 евро, вероятность 1/6, или 16, 7%).

Конец игры: 83, 3%.

Продолжение игры: 16, 7 %.



На ветках с 0 евро дерево завершается, поскольку игрок теряет все.

Партия 2: начальная ставка 2 евро, вне зависимости от выигрыша или проигрыша, игрок может продолжить партию.

AF(игрок теряет 1 евро, у него остается 1 евро, вероятность $5/6^2$, то есть 13, 9%).

AA (игрок выигрывает 1 евро, теперь у него есть 3 евро, вероятность $1/6^2$, то есть 2, 8%).

Конец игры: 0 %.

Продолжение игры: 16, 7 % (от общего числа, то есть 100% случаев, если он выигрывает в первом раунде).

Партия 3: игрок может начать с 1 евро (конфигурация AFX) или с 3 евро (конфигурация AAX).

AFF(игрок теряет 1 евро и заканчивает игру, вероятность $5^2/6^3$, то есть 11, 6%).

AFA (игрок выигрывает 1 евро, теперь у него есть 2 евро, вероятность $5/6^3$, то есть 2, 3%).

AAF(игрок теряет 1 евро, однако у него есть 2 евро, вероятность $5/6^3$, или 2, 3%).

AAA (игрок выигрывает 1 евро, теперь у него есть 4 евро, вероятность $1/6^3$, или 0, 5%).

Конец игры: 11, 6%.

Продолжение игры: 5, 1 % (2, 3% + 2, 3% + 0, 5%).

Партия 4: игрок может начать с 2 евро (конфигурации AFAX и AAFX) или с 4 евро (конфигурация AAAX). Игра в любом случае продолжается.

AFAF(игрок теряет 1 евро, у него теперь есть 1 евро, вероятность $5^2/6^4$, то есть 1, 9%).

AFAA (игрок выигрывает 1 евро, теперь у него есть 3 евро, вероятность $5/6^4$, то есть 0, 4 %).

AAFF(игрок теряет 1 евро, у него теперь есть 1 евро, вероятность $5^2/6^4$, то есть 1, 9%).

AAFA (игрок выигрывает 1 евро, теперь у него есть 3 евро, вероятность $5/6^4$, то есть 0, 4 %).

AAAF(игрок теряет 1 евро, у него теперь есть 3 евро, вероятность $5/6^4$, то есть 0, 4 %).

AAAA (игрок выигрывает 1 евро, у него теперь есть 5 евро, вероятность $1/6^4$, то есть 0, 1 %).

Конец игры: 0%.

Продолжение игры: 5, 1 %.

Партия 5: игрок рискует проиграть в конфигурациях, когда у него есть только 1 евро — AFAFF и AAFFF.

AFAFF (игрок теряет 1 евро и заканчивает игру, вероятность $5^3/6^5$, то есть 1, 6%).

AAFFF (игрок теряет 1 евро и заканчивает игру, вероятность

$5^3/6^5$, то есть 1, 6%).

Конец игры: 3, 2 %.

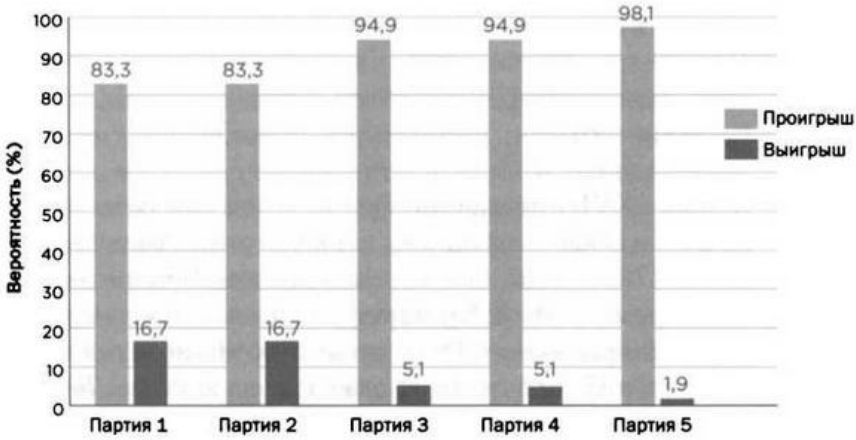
Продолжение игры: 5, 1 % - 3, 2 % = 1, 9 %.

Как показывает график на следующей странице, если вероятность продолжения игры после первого раунда составляла 16, 7%, то после пяти партий она упала до 1, 9%. Другими словами, вероятность проиграть во время первой партии равна 83, 3%, а во время пятой партии — 98, 1%. Вероятность выигрыша все меньше.

Амперу удалось подсчитать все вероятности, поскольку речь идет о сходящемся ряде, и вывести предыдущее уравнение, выражающее вероятность проигрыша в случае, если он выиграет p раз и проиграет т + p раз. Рано или поздно игрок потеряет свое состояние: для этого достаточно нескольких неудачных партий подряд. Рассмотрим, например, подбрасывание монетки: при этом можно получить длительную серию, когда выпадает только орел или только решка.

Ампер отправил свое исследование в Академию наук в Париже. К его удивлению, Пьер Симон де Лаплас (1749-1827) ответил ему лично, похвалив работу, но указав на небольшую ошибку. Письмо, датированное 19 января 1803 года, было отправлено Сильвестром Франсуа Лакруа, членом Национального института наук и искусств.

Ампер, не привыкший к тому, чтобы его поправляли, пришел в полное смятение и написал Жюли, чтобы разделить с ней свое огорчение. Учитывая юный возраст и нехватку опыта, он воспринял слова Лапласа — «мне кажется, что автор допустил ошибку» — как удар и надолго потерял спокойный сон. На самом деле ошибка, которая заключалась в сумме одной серии, влияла только на четыре страницы исследования, таким образом, Ампер смог легко внести исправления в работу, напечатанную с помощью зятя Марсиля.



На графике изображены результаты пяти бросков игральной кости. Результаты четных партий идентичны результату предыдущей нечетной партии; то есть если игрок не потеряет свой евро во время первой партии, он сможет лишиться его не раньше третьей партии.

ПЕРВЫЕ ВСТРЕЧИ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ИСЧИСЛЕНИЕМ

Первые работы Ампера по применению математики в области физики также пришлись на этот период его жизни. Из письма Жюли от февраля 1803 года следует, что до переезда из Лиона в Бурк-ан-Бресс он уже работал над небольшим трудом о вариационном исчислении, который отослал 12 марта 1803 года в Соревновательное общество Эна. Также Ампер теснее сошелся с астрономом Жаном Батистом Деламбром (1749-1822), который и порекомендовал его на должность в лицее Лиона. Это исследование было опубликовано лишь в 1806 году, когда Ампер уже перебрался в Париж и потерял всяческий интерес к этой теме.

Теоретической основой вариационного исчисления для молодого ученого была «Аналитическая механика» Жозефа Луи де Лагранжа, которую мы уже упоминали.

В XVII веке многие физики и математики интересовались расчетом кривых. Классическим примером является брахистохрона — кривая, описывающая путь, который пройдет тело между двумя определенными точками за кратчайшее время под действием силы тяжести. Для нахождения такого рода кривых Лагранж предложил представлять возможные пути между двумя точками в виде различных функций y(x), связывающих эти точки.

Для этого он ввел вариационный принцип, выражаемый Ьу(х). Вклад Лагранжа заключается в приложении вариационного принципа к вопросам механики.

Ампер восхищался Лагранжем и высоко ценил его труды за изящество. Еще ребенком он читал работы этого ученого и обращался к ним в юности. Его восхищение Лагранжем было столь велико, что Ампер во время пребывания в Бурк-ан-Брессе вернулся к вариационному исчислению. Он не воспроизвел идеи великого ученого буквально, но вдохновился ими для выработки собственных идей. Одним из первых предложений Лагранжа было свести механику к своду математических правил, разделив изучение на статику и динамику. Ампер занимался исключительно статикой, он нашел пробелы в изложении Лагранжа, которые последний опровергнет позднее, в 1811 году.

ЛИОНСКИЙ КРУГ

В конце XVIII века Лион был центром мистических и эзотерических обществ. Один из самых странных культов, возникших в 1780-е годы, был основан врачом Фридрихом Антоном Месмером (1734-1815) и получил название месмеризма. Этот изобретатель знаменитого животного магнетизма перебрался в Париж в 1778 году. Через два года он написал << Доклад об открытии животного магнетизма», в котором были сформулированы 27 основополагающих принципов месмеризма. В докладе утверждается терапевтическое действие сверхтонкого эфира,

присутствующего во всей Вселенной, в том числе и в человеческом теле. Месмер полагал, что болезни были узлами, препятствующими правильной циркуляции потоков, которые специалисты могут перенаправить в верном направлении. Трактат Месмера изобилует наукообразными терминами, однако его доводы не имели научных обоснований, из-за чего месмеризм считался псевдонаукой.

ЖАН-БАТИСТ ЖОЗЕФ ДЕЛАМБР

Деламбр родился 19 сентября 1749 года в Амьене, на севере Франции. В детстве переболел оспой, в результате чего лишился ресниц. Опасаясь слепоты, Деламбр начал запоем

читать самые разные книги, начав с греческой и латинской литературы.

Его познания в области математики и астрономии принесли ему научное признание во Франции. Особенно Деламбр прославился изучением движения Сатурна, Юпитера и спутников Юпитера. Между 1790 и 1798 годом он входил в комиссию по измерению дуги меридиана между Северным полюсом и экватором. В январе 1803 года был назначен постоянным секретарем математических наук Института Франции, а в 1804 году — директором Парижской обсерватории. Деламбр был одним из самых влиятельных ученых своего времени, он оставил после себя много трудов, среди которых — работы по истории астрономии. Умер в Париже 19 августа 1822 года.

Обеспокоенный неожиданным распространением этого течения, король Людовик XVI создал в 1784 году королевскую комиссию, в которую входил, в частности, Антуан-Лоран де Лавуазье (1743-1794), ее целью было определение обоснованности идей Месмера. После ряда опытов комиссия объявила, что никаких доказательств существования этого флюида нет.

Мистическим на самом деле было всего лишь название, данное флюиду. У течения было много как критиков, так и

сторонников. Так, парижский приверженец Месмера Пюизегюр объявил, что одним из результатов такой терапии было появление способностей к ясновидению.

Месмеризм добрался и до Лиона, в котором «магнетический сон» стал объектом исследований. Утверждалось, что во время этого сна загипнотизированный человек временно испытывает такое же состояние просветления, как и первый человек Адам.

Жан-Батист Виллермоз (1730-1824) основал в Лионе общество месмеризма, которое назвал «Согласием». В этом обществе он испытывал «новаторские» способы лечения и исследовал умственные способности людей. Ампер мог стать членом «Согласия», поскольку был частью лионской научной и интеллектуальной среды. Но у него хватило мудрости поступить иначе.

Несмотря на преследования месмеризма в годы Революции, члены «Согласия» провели в ветеринарной школе Лиона опыты над загипнотизированными лошадьми. Однако скептики утверждали, что диагностирование кишечного гельминта у старых лошадей не нуждалось ни в каких чудесных объяснениях.

Директором ветеринарной школы в это время был Луи Бредан — отец Клода Жюльена Бредана (1776-1854), который станет другом Ампера. В 1795 году Клод занял должность преподавателя анатомии в школе отца, а впоследствии, с 1813 года и до самого выхода на пенсию в 1835 году, был директором этой школы. Вряд ли Андре-Мари узнал о месмеризме именно от него, ведь первая встреча Ампера и Бредана относится к 1803 году. В то время когда Луи Бредан был директором ветеринарной школы, Ампер начал свои визиты в дом Карронов и ухаживание за Жюли. А вот зять Жюли, Жан-Мари Перисс, был близок к закрытому обществу «Согласие». Вероятно, это также способствовало знакомству Ампера с месмеризмом. Однако у молодого ученого, несомненно, были и другие связи с этой средой. Можно утверждать, что он слышал о лечении с помощью месмеризма, обещавшего чудесное выздоровление.

Эти факты позволяют предположить, что Ампер мог бы обратиться к месмеризму во время болезни жены или в другие периоды своей жизни, когда был болен сам. Однако ученый этого не сделал. Ампер избегал любых практик, знания о которых были сосредоточены в руках немногих людей. Напротив, он предпочитал публично обсуждать тексты, доступные широкой публике. Ученый возложил все надежды на знаменитого доктора Жака Анри Дезире Пететана (1744-1808), который изучал, главным образом, лечение каталепсии с помощью электричества. Между 1802 и 1803 годами этот врач заинтересовался

результатами применения электрического шока. Возможно, его интерес к подобной терапии и работы, которые он опубликовал по этому поводу, стали причиной того, что Жюли слишком поздно попала в больницу.

Очевидно одно: математик совершенно не интересовался месмеризмом, хотя знал о нем. Более смелое предположение заключается в том, что он вдохновился идеями доктора Пететана в своих работах об электродинамике в 1820 годы, поскольку последний рассматривал явление магнетизма с точки зрения перемещения частиц в электрическом флюиде. К сожалению, никаких свидетельств об их беседах не сохранилось.

Ампер перевернул небо и землю ради того, чтобы Пететан занялся его женой. В июле 1801 года доктор согласился посмотреть Жюли при условии, что она переедет в Лион, поскольку сам Пететан был уже стар и обладал слабым здоровьем. В марте 1802 года он встретился с Жюли. Лечение решено было начать в следующем месяце, однако даже в мае оно еще не началось. И только в июне доктор прописал своей пациентке травяные ванны, пиявки и строгую диету на основе льда и свежих соков.

В периоды своего отшельничества в Бурк-ан-Брессе Ампер переписывался с Жюли, в письмах речь шла, главным образом, о ее лечении. Иногда Жюли падала духом, считая методы доктора неэффективными и дорогостоящими. В июле 1802 года Пететан признал, что ошибся с диагнозом, пересмотрел его и диагностировал у пациентки всего-навсего «отложения молока». Жюли, разумеется, была раздосадована ситуацией, поскольку в ноябре посетила врача целых 65 раз. Неизвестно, что за болезнь стала причиной ее смерти, вероятнее всего, она страдала язвой желудка, как пишет Вите, коллега Пететана и критик месмеризма.

Как мы уже говорили, Лион был важным местом для Ампера в течение всей его жизни. Он сохранил своих друзей в этом городе, и в этот круг входили, главным образом, Клод Жюльен Бредан, Пьер Симон Баланш, Жак Ру-Бордье и Жозеф Мари Дежерандо.

Детство Баланша было очень похоже на детство Ампера. У него было слабое здоровье, поэтому он жил в деревенском доме в Гриньи восемь месяцев в году. Этот маленький городок примерно в 20 километрах от Лиона был очень похож на идиллическое Полемье, знакомое Амперу. Баланш также пользовался библиотекой отца, интересовался классической поэзией и произведениями Руссо. Оба молодых человека были далеко от Лиона во время беспорядков 1793 года, но Баланш присутствовал на многих казнях и навсегда запомнил их. Жизнь Ру- Бордье тоже

была полна грусти: депрессия привела его к самоубийству в 1822 году. Ру-Бордье посвятил свою жизнь ботанике, эту страсть он унаследовал от отца, ботаника Этьена Ру.

Слушай мудрецов, но лишь одним ухом…
Чтобы другое ухо всегда готово было внимать нежным мелодиям
Голоса твоего небесного друга.
Андре-Мари Ампер

Ампер часто беседовал с Дежерандо о религии. Эта тема будоражила его скептический ум, получивший сразу и научное, и христианское воспитание. Если знать это, становится понятнее, почему Дежерандо участвовал в 1804 году вместе с Бреданом, Баланшем и четырьмя другими учредителями в образовании Христианского общества. Спустя короткое время к основателям присоединились 10 новых членов. Эта группа предлагала своим членам темы для изучения. Каждый из них затем должен был подготовить доклад и представить его на заседании. Ампер защищал доклад об «исторических доказательствах Разоблачения», но эту работу мы не будем рассматривать в нашей книге.

Дежерандо посвятил себя изучению политики и философии. Именно он познакомил Ампера с его второй женой. Однако эта история, начавшаяся в 1806 году, закончится крайне неудачным браком.

Трудно понять детские и юношеские годы Ампера, не учитывая его семейную и общественную жизнь. В Лионе он научился разделять науку и ее имитацию и начал проявлять интерес к математике и культуре. Он много узнал о научных проблемах, и эти знания послужат ему пищей для размышлений в последующие годы. Ампер научился жить, преодолевая трудности и справляясь с болью, переживать которую его заставляла сама революционная эпоха. Смерть жены, Жюли Каррон, вынудила ученого покинуть родной город, приняв преподавательскую должность в Париже. В то время он окончательно перестал верить в Бога.

Когда Ампер перебрался в Париж в 1804 году, ему было 29 лет, жизнь закалила его. Однако в столице его ожидала не только блестящая научная карьера, но и новые несчастья. Он все время вспоминал о своем деревенском детстве и так и не привык к городской жизни.

Тем не менее Ампер прожил в Париже до самой своей смерти в 61 год. В своих письмах ученый писал, что уютно себя чувствует

только в Отей, парижском квартале, который пересекает Сена, напоминающая ему о лионской Соне. Покинуть родной город Ампера заставили две главные причины: боль от смерти Жюли и стремление выстроить научную карьеру.

ТРИУМФ МАТЕМАТИКА

В письме от 21 июля 1805 года Ампер писал Элизе Каррон, своей свояченице:

«Одно лишь меня радует, хоть и нечасто, пусть даже эта радость глупая и искусственная, — возможность обсуждать метафизические вопросы с теми, кто занимается этой наукой в Париже. Они относятся ко мне еще более дружески, нежели математики. Но в силу должности я вынужден работать с последними, что изрядно докучает мне, поскольку я не люблю математиков».

Элиза поддерживала Ампера в его первый год в Париже, но в 1808 году она также скоропостижно умерла. Это письмо нужно понимать следующим образом: Ампер нуждался в поддержке, однако в математической среде ее найти не мог. Впрочем, ученый сообщал Элизе в том же письме, что после переезда в Париж написал два доклада, которые были опубликованы в газете, издаваемой Политехнической школой. Он умел сосредотачиваться на работе даже в моменты отчаяния, и это еще раз напоминает о том, каким необыкновенным человеком был Ампер. В то время его математические работы были связаны с уравнениями в частных производных.

УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

В 1806 году Ампер опубликовал один из своих докладов о производных функциях с длинным названием: «Исследование некоторых аспектов теории производных функций, ведущее к новому доказательству рядов Тейлора и конечному выражению бесконечно ничтожных показателей при прерывании рядов через какой бы то ни было показатель». Теорема Тейлора была сформулирована английским математиком Бруком Тейлором (1685-1731) в 1712 году.

В работе Ампера ощущалась нехватка метода системной

организации определений, аксиом и теорем, который в дальнейшем разовьет один из его коллег, математик Огюстен Луи Коши (1789-1857).

Эту работу можно рассматривать как набросок к более позднему исследованию уравнений в частных производных. Ее целью было изменение подхода Лагранжа, по поводу которого в Политехнической школе в 1799 году состоялось множество конференций. Лагранж опубликовал свой труд в 1804 году под названием «Лекции об исчислении функций». Он определял производную функции через ее разложение в ряд Тейлора и рассчитал выражение для остаточного члена, приблизив функцию через усечение разложения до данного члена. Другими словами, Лагранж использовал понятие производной функции, не вводя понятия предела.

Ампер дополнил подход Лагранжа: он дал новое определение производной и предложил новую формулу для разложения в ряд Тейлора, по-прежнему не используя понятия предела.

Определение, предложенное Ампером в его статье 1806 года, основывается, как мы можем видеть, на алгебре.

Производная функции f(x) — функция от x следующего вида:

f(x + i)-f(x)/i

Она всегда лежит между двумя значениями производной функции, взятыми между x и x + г/, какими бы ни были x и y.

Андре-Мари Ампер называл частной функцией приращения частное, возникающее в данном ниже определении. Прежде чем дать определение в тексте, он объяснял, откуда появлялись эти выражения:

«Эта функция (приращения), которая очевидным образом зависит от *f*(x) и которую господин Лагранж назвал вследствие этого ее производной функцией, является, как мы знаем, очень важной в математике, особенно в геометрии, и механике; мы запишем ее, как делал этот блестящий математик, в виде *f*(x), и нашей первой целью будет доказательство ее существования».

На самом деле при i = 0 мы получаем неопределенность вида 0/0. Но Ампер доказал, что эта неопределенность может иметь какое угодно значение, не только 0 или бесконечность; он доказал существование частного приращения, уточнив его определение. При этом Ампер не рассматривал возможность, когда i стремится к нулю, а ограничился ситуацией, когда i равно нулю; в некотором роде ученому не хватило понятия предела. Потом он проверил свое определение, применив его к тригонометрическим функциям. Он расширил использование определения, с тем чтобы доказать, что теорема Тейлора,

несмотря на ее сложность, является релевантной. Исследование заканчивается обобщением подхода Ампера к функциям с двумя переменными, что является предвестием большего математического труда под названием «Общие рассуждения об интегралах в дифференциальных уравнениях в частных производных», опубликованного в 1815 году в журнале Политехнической школы.

ТЕОРЕМА ТЕЙЛОРА

Ряд Тейлора — это бесконечная сумма выражений, содержащих производные функции f(x) всех порядков. Ряд Тейлора функции f(x) в окрестности точки x = a записывается в виде следующего степенного ряда:

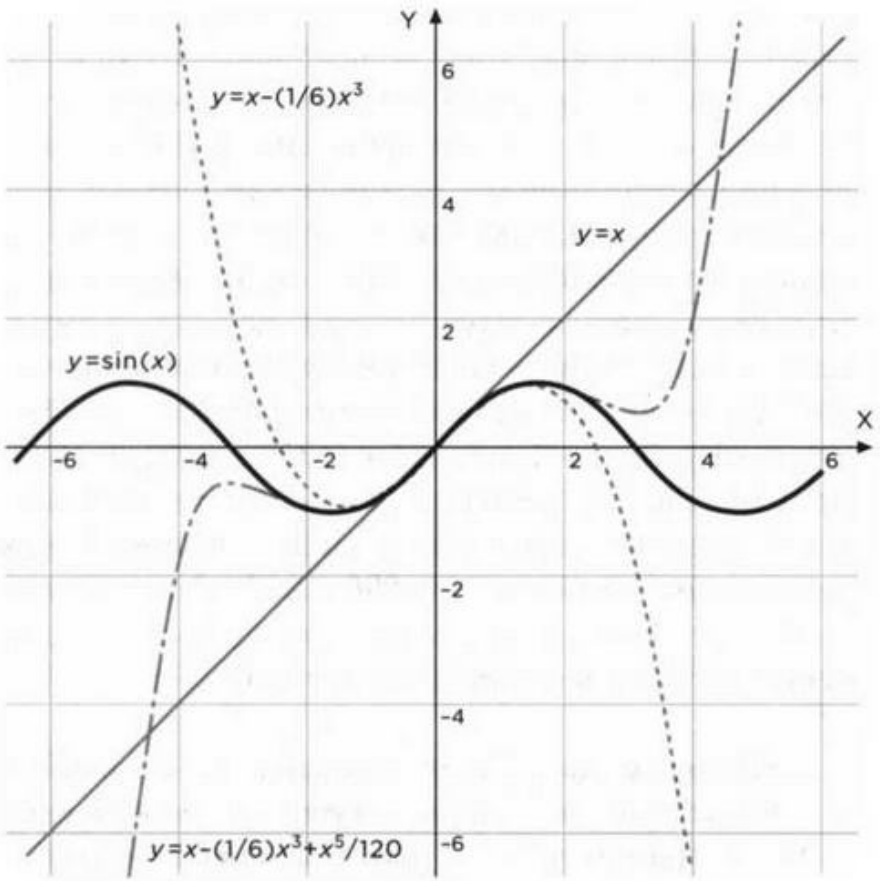
$$f(x)=f(a) + f'(a)/1!(x - a)+f''(a)/2!(x - a)2+f'''(a)/3!(x - a)3+...\sum_{n=0}^{\infty} f^{(n)}(a)/n!(x - a)^n$$

Чем больше степень, тем точнее приближение функции; иными словами, приближение улучшается по мере добавления членов ряда. Напомним, что n! — это факториал, математический оператор, который является произведением всех натуральных чисел от 1 до n включительно. Например: 4! = 4 x 3 x 2 x 1 = 24. Случай приближения функции синуса окрестности точки x = 0 простой, потому что все четные производные обнуляются (см. рисунок):

$$f(x) = x - x^3/3! + x^5/5! ...$$

Отсюда мы можем вывести теорему Тейлора, которую обобщил шотландский математик и астроном Джеймс Грегори (1638-1675). Эта теорема гласит, что дифференцируемую функцию в окрестности точки можно приблизить многочленом, коэффициенты которого зависят от производных функции в данной точке. Этот многочлен является не чем иным, как усеченны рядом Тейлора, дополненным суммой членов более высоких порядков:

$$f(x)=f(a) + f'(a)/1!(x - a)+f''(a)/2!(x - a)^2+...+f^{(n)}(a)/n!(x - a)^n + R_n(f).$$



Разные линии отображают приближения 1, 3 и 5-й степени. Естественно, приближение 5-й степени лучше описывает функцию в точке 0.

В начале XIX века уравнения в частных производных (также называемые уравнениями в частных дифференциалах) вызывали большой интерес. Их изучение было связано с некоторыми проблемами физики — в частности, с волновыми уравнениями и уравнениями распространения тепла. При этом имена Лапласа, Коши, Пуассона и Фурье знакомы студентам физических и инженерных факультетов, однако вряд ли они слышали имя Ампера в связи с этими научными дисциплинами. Дело в том, что Ампер больше занимался классификацией уравнений, нежели решением конкретных физических проблем. Его система классификации уравнений в частных производных была хорошо принята, однако ее быстро превзошла система немецкого математика Поля Давида Густава Дюбуа-Реймона (1831-1889), и даже современные математики используют его терминологию. Превосходство системы немецкого математика объясняется

очевидными пробелами в работе Ампера. Определения, предложенные французским ученым, неточны, обозначения сложны, теоремы не выстроены по степени важности, а примеры не развернуты. И все же оригинальность работы Ампера была замечена научным сообществом, и ему в 1815 году предложили стать членом Французской академии наук. Работы Ампера были высоко оценены и шотландским математиком Эндрю Расселом Форсайтом (1858-1942), известным среди историков науки благодаря своим многочисленным трактатам. В прекрасном девятитомнике под названием «Теория дифференциальных уравнений» (1890-1906) Форсайт неоднократно упоминает Ампера и положительно оценивает его вклад в изучение дифференциальных уравнений:

«Метод Ампера для интегрирования уравнений в частных производных представлен в двух выдающихся сообщениях во Французском Институте в 1814 году. Приложение метода к уравнениям первого порядка сегодня малоактуально по причине открытия других методов обращения с указанными уравнениями. Приложение же этого метода к уравнениям второго порядка необыкновенно важно. Доклады кажутся сложнее, чем они есть на самом деле, главным образом по причине сложности обозначений».

Ампер начинает свой доклад об уравнениях в частных производных, заменяя переменные, содержащие производные, заданные функцией z(x, y). Обозначим $p = \partial z/\partial x$ и $q = \partial z/\partial y$, а вторые производные — $r = \partial^2 z/\partial x^2$, $s = \partial^2 z/\partial x \partial y$, $t = \partial^2 z/\partial y^2$; явная функция выражается следующим образом: $f(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$. Из этого Ампер выводит классификацию уравнений в частных производных, и на этом уровне проявляются неточности. Затем Ампер касается вопроса произвольных решений, который может возникать при рассмотрении уравнения в частных производных, и здесь начинается самая интересная часть доклада, в которой Ампер показывает, что уравнение в частных производных порядка т имеет общее решение, состоящее из по крайней мере т произвольных функций.

УРАВНЕНИЕ МОНЖА — АМПЕРА

В 1820 году, снова в Политехнической школе, Ампер опубликовал вторую работу об уравнениях в частных производных под названием «Приложение теории интегралов к уравнениям в частных производных первого и второго порядка».

Если в работе 1815 года не хватало конкретных примеров, то новая работа была очень подробной, и в ней использовались новые знания. Здесь стоит упомянуть об уравнении, известном сегодня как уравнение Монжа — Ампера, которое записывается следующим образом:

$Hr + 2Ks + Lt + M + N(rt\text{-}s^2) = 0,$

где H, K, L, M, N являются функциями первого порядка x, y, z, p и q. Первым к такому уравнению обратился французский математик Гаспар Монж (1746-1818), основатель современной описательной геометрии, хотя Ампер обобщил это уравнение и нашел его решения для конкретных случаев, без прямого приложения к физике. Однако последний пример касается волнового уравнения в упругой среде, которое Ампер решил, используя метод французского физика и математика Симеона Дени Пуассона (1781-1840). Этот пример показывает, что Ампер был знаком с математическими исследованиями того времени о дифференциальных уравнениях, несмотря на свой интерес к чистой математике. Ампер интересовался и геометрией. Об этом свидетельствует его статья 1808 года «О пользе для теории кривых линий, извлекаемой из рассмотрения соприкасающихся парабол».

ВСТУПЛЕНИЕ В ИНСТИТУТ ФРАНЦИИ И РАБОТА В ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЕ

В своих письмах и других рукописных документах Ампер упоминает Институт и Академию, не делая между ними различия. Однако разница между этими учреждениями есть, и стоит ее объяснить. Институт Франции был создан в 1795 году Конституцией III года, при Директории, с целью уничтожить королевские академии. До 1816 года Институт был разделен на «классы», однако затем Людовик XVIII решил вернуть для определения этих четырех классов название «Академия». Так появились Академия наук, Французская Академия, Академия надписей и изящной словесности и Академия изящных искусств. В 1832 году Луи-Филипп восстановил Академию моральных и политических наук, закрытую в 1795 году. Вступление в академию означало вступление в Институт, этим и объясняется взаимозаменяемость названий.

Некоторые биографы утверждают, что работа Ампера в Париже преследовала единственную цель — стать членом Академии наук, после чего ученый потерял к исследованиям

всяческий интерес. Он действительно получил признание как математик в первые 15 лет пребывания в Париже, а его наиболее значительные работы были опубликованы между 1806 и 1820 годом. Именно в этот период Ампер доказал свой математический талант, что позволило ему стать членом Института в 1814 году. После этого ученый перестал регулярно публиковать работы, однако он все же представил несколько трудов о вариационном исчислении, дифференциальных уравнениях и разложении Тейлора.

Ампер в 1820 году.

Исследования Гаспара Монжа, графа де Пел юз, были важной основой для работ Ампера в области электричества и магнетизма.

Франц Антон Месмер, основатель месмеризма.

Юмористическая гравюра 1780-х годов, изображающая сеанс месмеризма.

Занятия я готовлю по ночам, поскольку днем наношу визиты членам Института Франции.

Ампер во время подготовки к представлению своей кандидатуры в Академию наук

В научной среде Парижа многие одаренные ученые претендовали на одни и те же должности. Например, в 1804 году Пуассон (который был на шесть лет младше Ампера) получил место репетитора в Политехнической школе и проработал в ней в последующие четыре года. Он войдет в Академию в 1812 году. Кроме того, Пуассон был членом Аркейльского общества, которое никогда не принимало работы Ампера в области химии всерьез. Когда 10 апреля 1813 года умер Лагранж, освободилось место академика, и большинство проголосовало за Луи Пуансо (1777-1859), математика и физика, преподавателя Политехнической школы с 1808 по 1815 год. По иронии судьбы Пуансо лишился своего места в 1816 году, во время реорганизации школы, тогда как Ампер свою должность

сохранил.

Ампер начал работу в Политехнической школе раньше, чем Пуансо. Он предпочел, чтобы должность в Академии получил его коллега, а сам сконцентрировался на уравнениях в частных производных. Уже в следующем году, из-за смерти Шарля Боссю (1730-1814), освободилось еще одно место академика, в секции геометрии. Ампер тщательно готовился к представлению своей кандидатуры и собирался подать жюри доклад об уравнениях в частных производных. Ученый работал не покладая рук. «Эта математика уничтожает меня, я работаю без отдыха», — писал Ампер.

21 ноября 1814 года Ампер написал Бредану письмо, в котором звучит необыкновенная надежда. Он рассказывает о том, что только что закончил представление своего доклада, и решение членов Института будет известно через неделю. Ампер был первым среди всех кандидатов на место Шарля Боссю, но помимо него претендентами выступали Бине, Коши, Дювийар,

Франкер, Парсеваль и Пюиссан. Голосование состоялось в ноябре, и Ампер победил, получив 28 из 52 голосов. Он стал членом Академии наук 28 ноября 1814 года, хотя Лаплас настаивал на кандидатуре Коши.

РУКА ОБ РУКУ С КОШИ

Ампер много трудов приложил к организации школы. Политическая нестабильность в годы Революции и Первой империи сказалась на программе обучения и организации школьного образования. Центральная школа государственных работ была основана в 1794 году и в следующем году переименована в Политехническую школу, а в 1805 году по личному указанию Наполеона стала военной школой.

С 1805 по 1976 год она располагалась в Париже, на улице Монтань- Сен-Женевьев, в здании, где сегодня находится Министерство высшего образования и науки. Во времена Ампера ученики объединялись в бригады, жили в казармах и посещали занятия по военной подготовке. В апреле 1816 года Людовик XVIII закрыл школу из-за мятежей и в последующие месяцы над ее реорганизацией работала целая комиссия, возглавляемая Лапласом. При этом некоторые преподаватели, например Пуансо, были уволены, тогда как Ампер и Коши были назначены, соответственно, профессором механики и профессором анализа. В ноябре и декабре 1816 года они вместе

работали над программой обучения и внедрили систему, в которой чередовались механика и анализ. Обучение было организовано циклами, обе дисциплины преподавались на протяжении двух лет. Эта программа сохранялась до 1828 года, когда Ампер оставил свой пост в Политехнической школе в связи с вступлением в Институт Франции.

Французский математик Огюстен Луи Коши.

Коши действительно был самым опасным конкурентом Ампера, однако он получил лишь десять голосов. Коши трижды представлял свою кандидатуру между 1813 и 1815 годами, но так и не был избран академиком. Лишь в 1816 году, после падения Наполеона, когда Монж был уволен со своей должности в Академии, Людовик XVIII назначил Коши на его место.

ГЛАВА 3
Вопрос пропорций

Интерес Ампера к химии возник во время его пребывания в Бурк-ан-Брессе и в первые парижские годы. Он сосредоточился на классификации известных элементов и изучении новых веществ. Хотя проведенные Ампером исследования заслуживают интереса, современники не приняли их, и Ампер оставил химию.

В «химический» период своей жизни ученый женился во второй раз.

В начале XIX века химия вызывала особый интерес научного сообщества. Это была совсем новая дисциплина, появившаяся благодаря научной революции. В XVIII веке алхимия утратила свои позиции и уступила место современной химии, не принимавшей такие странные понятия, как дух, эссенция и флогистон. А в конце столетия началась так называемая химическая революция: усилия ученых были направлены на максимально точное определение химических элементов, на открытие этих элементов и их классификацию.

В 1789 году химик Антуан Лоран де Лавуазье опубликовал свой «Элементарный курс химии» — исключительный труд в истории науки. Он сформулировал закон сохранения массы, необыкновенно ценный для изучения химических реакций. Ампер узнал об этом законе еще в детские годы в Лионе. Молодые ученые того времени начали развивать новую науку, но в химии царила путаница и настоящий хаос. Прежде всего необходимо было разработать систему химических обозначений. Ампер воспользовался плодами работы Лавуазье и его современников в области систематизации химической номенклатуры, которая не имела ничего общего с традициями алхимии. В 1787 году Лавуазье вместе с Луи Бернаром Гитон де Морво (1737-1816), Антуаном Франсуа де Фуркруа (1755— 1809) и Клодом Луи Бертолле (1748-1822) уже опубликовал

«Методы химической номенклатуры». Лавуазье оказал такое влияние на Ампера, что последний цитировал его так же часто, как и Коперника с Ньютоном. «Элементарный курс химии» поразил Ампера и своим содержанием, и структурой. Еще раз напомним, что Амперу с детства была свойственна страсть к классификации. Любая наука для него начиналась с классификации понятий.

Фундамент современной химии был заложен в начале XIX века. Теперь оставалось выстроить само здание. В то время

химики, особенно французские и английские, записывая реакции, разработали систему обозначений соединений и веществ, которая становилась все популярнее. Прорыв в химии состоялся благодаря закону сохранения массы, открытому Лавуазье, а также благодаря трем другим стехиометрическим законам: закону эквивалентов (1792) немецкого ученого Иеремии Вениамина Рихтера (1762-1807), закону постоянства состава (1797) французского ученого, жившего в Испании, Жозефа Луи Пруста (1754-1826) и закону кратных отношений (1803) Джона Дальтона (1766-1844).

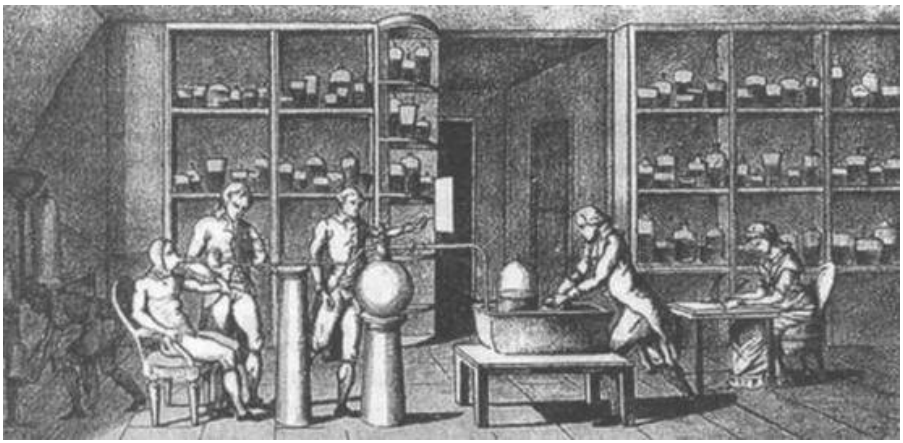
ЗА ВЕЛИКИМ МУЖЧИНОЙ СТОИТ ВЕЛИКАЯ ЖЕНЩИНА

Антуан Лоран де Лавуазье (1743-1794) — вдохновитель революции в химии. Его жена, Мари Анн Пьеретта Польз (1758-1836), в свою очередь, считается матерью современной химии. Она сыграла первостепенную роль в работе супруга — именно она нарисовала эскизы приборов для опытов и дала объяснения этих экспериментов, необходимые для того, чтобы работа Лавуазье могла быть воспроизведена другими учеными. Кроме того, Лавуазье смог детально изучить теорию флогистона благодаря переводам с английского языка, которые выполнила Мари Анн. Самым важным вкладом Антуана де Лавуазье в науку является его закон сохранения массы:

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся во время реакции.

Ученый открыл, что вода состоит из кислорода, что кислород необходим для поддержания горения и что животные и растения потребляют кислород во время дыхания. Его самый известный труд —«Элементарный курс химии»(1789). Лавуазье определил элементы как простейшие вещества, которые не могут быть разложены никаким известным способом химического анализа. Он также написал доклад «О горении вообще»(1777) и «Общие размышления на тему природы кислоты»(1778). Несмотря на свои заслуги ученый закончил жизнь на гильотине 8 мая 1794 года. Приговор революционного трибунала опирался на деятельность ученого на посту откупщика, и произошло это спустя всего шесть месяцев после казни отца Ампера. Лагранж сказал о смерти Лавуазье:

«Палачу достаточно было мгновения, чтобы отрубить эту голову, но столетия будет мало, чтобы появилась вторая такая же».



Гравюра XVIII века, изображающая Мари Анн Пьеретту Польз (справа), помогающую своему мужу Лавуазье (перед ней) во время научного опыта, посвященного человеческому дыханию.

Научная атмосфера благоприятствовала возврату старых споров об атомизме. Именно в это время Дальтон сформулировал закон парциальных давлений, согласно которому давление смеси инертных газов равно сумме парциальных давлений ее компонентов. В то время исследования газов вели к утверждению мнения о существовании основных составляющих, присутствующих в любом веществе, — атомов. Между 1808 и 1810 годами Дальтон опубликовал «Новую систему химической философии». В 1827 году он дополнил этот труд второй частью. В своей работе британский ученый представил первую таблицу атомных масс известных элементов, рассчитанных через атомную массу водорода. К сожалению, в труде Дальтона был существенный недостаток: он полагал, что в соединениях содержится по одному атому каждого вещества.

Французский ученый Луи Жозеф Гей-Люссак (1778— 1850) в 1808 году сформулировал закон объемных отношений. Хотя нас всегда учили, что закон Гей-Люссака подтвердил закон Дальтона, ученые относились друг к другу критически. Дело было не только в британском происхождении Дальтона, но и в неприятии Гей-Люссаком атомизма, представленного в работах Бертолле. Совершенно неудивительно, что химическая гипотеза итальянского ученого Амедео Авогадро (1776— 1856) осталась незамеченной.

Авогадро ввел в химию понятие молекулы и, таким образом,

исправил недостатки модели Дальтона и смог согласовать частицы и объемы Гей-Люссака. Вопреки важности этого открытия, его гипотеза получила признание спустя почти полвека: Авогадро выдвинул ее в 1811 году, а развитие она получила лишь в 1858 году в трудах итальянского химика Станислао Канниццаро (1826-1910). В 1814 году Ампер в своих собственных химических исследованиях пришел к тем же заключениям, что и Авогадро, однако они не были приняты учеными. Какой же была жизнь Ампера в те годы, когда он участвовал в захватывающей химической революции?

РАЗОЧАРОВАНИЕ

В 1804 году Ампер получил пост в Политехнической школе, а совсем скоро в результате реформы для такой должности стал необходим университетский диплом. Талант ученого был замечен только благодаря впечатлению, которое произвела на Академию наук его работа по теории игр. В предыдущей главе мы упоминали, что Ампер получил сначала должность репетитора в Политехнической школе, которая в чем-то схожа с должностью ассистента кафедры в современном вузе. У учеников Политехнической школы был профессор, который преподавал свою специальность (Ампер, например, позднее будет преподавать анализ), и репетитор. Репетитор не имел полномочий профессора, но был его ассистентом и наставником учеников.

Он должен был отвечать на их вопросы в процессе обучения.

Эту должность занимали самые молодые и наименее опытные члены университета, а должность профессора предлагалась ученым более почтенного возраста. Чтобы занимать в будущем более почетные должности, преподаватель должен был пройти через пост репетитора. Ампер стал профессором только в 1815 году и занимал эту должность до 1828 года.

Во времена Ампера Париж отчасти оставался средневековым городом. Значительная часть парижан жила в страшной нищете, в городе существовала примитивная канализационная система, а жестокая преступность была обычным делом.

По сравнению со средними доходами того времени можно предположить, что Ампер жил достаточно комфортно. Его первая зарплата составляла 1500 франков в месяц и в последующие годы выросла до пяти-шести тысяч франков. Холостяк мог безбедно прожить на 15 тысяч в год, а целая семья — примерно на 40 тысяч

франков. Если бы Ампер не помогал материально другим членам своей семьи, он мог бы жить даже богато. Как видите, университетская должность означала не только признание, но и экономическую стабильность, в которой нуждается любой исследователь.

Моя жизнь — это череда одних и тех же событий.

Письмо Ампера Элизе Каррой, написано в конце июля 1805 года, вскоре после его переезда в Париж

На протяжении всей своей жизни Ампер стремился занимать различные административные посты и прикладывал все силы для сохранения или даже улучшения своего профессионального положения. Ученый выполнял множество обязанностей. В 1806 году Дежерандо собственноручно назначил его членом Консультационного бюро искусств и ремесел. В 1808 году Ампер стал инспектором императорского университета и быстро был повышен до генерального инспектора. В связи с этим ученый должен был много ездить летом по провинциям, инспектируя школы. Эти профессиональные обязанности не позволили ему заниматься образованием сына, а частые поездки подорвали его здоровье. Ампер провел серию лекций и занятий в Атенее искусств и Нормальной школе. В 1814 году он стал членом Академии наук, а через 10 лет — профессором физики в Коллеж де Франс.

Ампер быстро затосковал в Париже. Он почувствовал некоторое охлаждение к математике и впал в меланхолию, которая не оставляла его в течение первых 10 лет парижской жизни. Ученого преследовали воспоминания о родном городе, о революционных беспорядках, гибели отца и последовавшей за ней смерти жены, и все это сказалось на психологическом состоянии этого человека, и без того склонного к депрессиям.

В письме от 2 декабря 1804 года, сразу после переезда в Париж, Ампер с некоторым пренебрежением описывает Элизе Каррон одно событие, связанное с коронацией Наполеона:

«Расскажу тебе о событии этого дня. Я видел сегодня утром на углу площади Карусель, где Людовик XIV устраивал празднества, карету с папой, а затем и с Бонапартом, которые ехали в Собор Парижской Богоматери на коронацию. Присутствовало очень мало народу, было спокойно. Через час я видел, как возвращались французские военные, которые выстроились вдоль улицы. У одного из них я разглядел разодранный в клочья во время революционных войн флаг».

Ампер равнодушно отнесся к наполеоновским изменениям в системе образования. Любопытно, что он вообще не высказывал своего личного отношения к модели Наполеона, а просто адаптировался к ней.

У ученого не было близких друзей в Политехнической школе, однако он быстро установил тесные отношения с философами.

КОРОНАЦИЯ НАПОЛЕОНА

Директория была последней формой правительства Французской Революции. Наполеон Бонапарт (1769-1821) совершил 18 брюмера VII года (9 ноября 1799 года) государственный переворот, начав новый период истории Франции — Консульство. После стольких революционных лет и несмотря на все политические и социальные завоевания народ устал от кровопролития — этим и объясняется поддержка, которую оказали Наполеону большинство граждан и армия. 13 декабря 1799 года Наполеон представил Конституцию VII года, «основанную на истинных принципах представительной формы правления, священных правах собственности, на идеях равенства и свободы». Несмотря на то что одной из целей Революции было уничтожение монархии, 2 декабря 1804 года Наполеон был коронован. Церемония состоялась в соборе Парижской Богоматери, на ней присутствовал папа Пий VII (1742-1823). Когда папа собрался возложить золотую корону на голову Наполеона, тот взял ее из рук папы и сам надел себе на голову. Также была коронована императрица Жозефина. Мари Роз Жозефа Таше де ла Пажери (1763-1814) была первой женой Наполеона, с которой его связывал исключительно гражданский брак. Папа вынудил их венчаться во дворце Тюильри. Церемонию провел кардинал Жозеф Феш (1763-1839), дядя Наполеона по материнской линии, который стал архиепископом Лионским. Наполеон Бонапарт правил до 1815 года, а затем был сослан на остров Святой Елены.

Император Наполеон коронует себя. Гравюра. Жак-Луи Давид. Лувр, Париж.

Ампер вошел в группу интеллектуалов, окружавших Антуана Дестют де Траси (1754-1836) — ему мы обязаны изобретением слова «идеология» в 1801 году, которое быстро получило отрицательное значение. Равнодушие, если не отрицание религии создало в жизни Ампера пустоту, которую нужно было заполнить. Ученый искал в абстрактной метафизике и материалистической психологии основу, которая дала бы ему уверенность в жизни. И, похоже, он все же нашел утешение в философии: даже друзья заметили изменения в поведении Ампера. Бредан, встретившись с другом, когда тот приехал в Полемье, заметил, что Ампер изменился гораздо больше, чем можно было ожидать. Он начал серьезно интересоваться структурой научных знаний и даже внес свой вклад в философию науки. Но философскую деятельность Ампера мы рассмотрим в последней главе.

Легко можно представить, что первые месяцы в Париже Ампер провел в глубоком трауре. Повседневная жизнь приносила ему мало радостей, и страдания поглотили его. В первые парижские годы Ампер испытывал разочарование в связи с непривычной городской жизнью, отсутствием знакомств в профессиональной среде и неудачным вторым браком. Ампера с его второй женой познакомил Дежерандо. Он опекал своего друга после его переезда в Париж и ввел его в круги, которые могли быть полезными. Дежерандо был знаком с Жаном Батистом Пото, бывшим членом Лионской академии, который в то время жил в

Париже с женой и дочерью 26 лет, Жанной Франсуазой Пото, или Женни. Ампер был представлен семье Пото осенью 1805 года. Ученый страстно увлекся молодой Женни. Его биограф Луи де Лоне сообщает, что это была буржуазная семья в самом плохом смысле слова. Ее члены были полны предрассудков, тщеславны, жаждали богатства и, кроме всего прочего, ничего не знали о науке. Словом, ценности семьи Пото были совершенно противоположны тем, которые Ампер впитал в детстве. К сожалению, ученый увлекся молодой Пото. Возможно, таким образом он утолял жажду привязанности, утраченную со смертью Жюли.

В прошлом году это был христианин; сегодня это только гений, великий человек!

Слова Луи Бредана об отходе Ампера от религии после отъезда из Лиона

Чтобы лучше понять этот период жизни Ампера, необходимо внимательно изучить его переписку с близкими людьми, особенно с Бреданом и Балланшем. Впервые о новой влюбленности он упоминает в письме, написанном в марте 1806 года философу Мену де Бирану (1766-1824):

«Мой друг, я много всего пережил после несчастья, постигшего меня три года назад. Я думал, что любовь никогда не возродится в моем сердце и оно никогда не испытает этих чувств. Это чувство заполнило меня с той поры, когда я имел счастье познакомиться с вами. Однако лишь я знал об этом секрете, и предвиденные мною препятствия событию, которое могло бы мне вернуть все, что я потерял, казавшиеся мне непреодолимыми препятствия вынудили меня навсегда похоронить эту тайну и заставляли меня избегать предмета этой страсти и заниматься лишь абстрактными идеями. Я не скажу вам, какие обстоятельства — почти чудесные — изменили этот приговор, как дружба г-на Дежерандо преодолела все препятствия, создала для меня должность в Консультативном бюро искусств и ремесел, в которое уже входили г-н Монгольфье, г-н Молар и г-н Гей-Люссак, но также принесла мне признание той, кого я любил».

Друзья вскоре догадались о чувствах Ампера, но некоторые из них боялись, что он путает истинную любовь и романтическую влюбленность. Свадьба была назначена на март 1806 года, но потом из-за различных обстоятельств была отложена на несколько месяцев, что даже вызывало недоумение друзей. В общем, близкие Ампера, узнав об этом счастливом событии, были

несколько озадачены.

Задержка объяснялась неприемлемыми условиями, которые выдвинул зятю Жан-Батист Пото. В числе прочего ученый должен был погасить долг в 7200 франков за покупку мебели. Дежерандо пытался изменить контракт, но тщетно, и тогда Ампер от него отказался. Пото, опасаясь, что он откажется и от свадьбы, вызвал ученого к себе и сообщил ему о страданиях дочери, которая уже неделю отказывается от пищи. Это был самый настоящий шантаж. В результате Ампер согласился со всеми статьями контракта и подписал его 31 июля, несмотря на возражения Дежерандо. Свадьбу сыграли 1 августа, на ней присутствовали министр внутренних дел Шампаньи, начальник Политехнической школы генерал Лакюе, Лагранж и Деламбр. Мать Ампера на свадьбе не присутствовала, но в сентябре она написала сыну о своем желании «поскорее познакомиться с любимой Женни».

По условиям контракта супруги должны были жить с семьей Пото. Там, на улице Пуассоньер, они и поселились. Беды Ампера начались с брачной ночи: Женни сообщила Андре- Мари о своем нежелании иметь детей. Некоторые биографы утверждают, что она не испытывала никакого физического влечения к мужу, и это подтверждает мнение о том, что Пото устроили свадьбу исключительно из материальных соображений. Заявление Женни стало тяжелым ударом для человека, который хотел заново начать свою жизнь. Через два месяца после свадьбы жена Ампера все же забеременела. Узнав об этом, Женни решила ночевать в комнате матери. Ученый остался в одиночестве в маленькой комнатке на третьем этаже и видел жену только во время совместных трапез.

Из-за этой беременности родители Женни старались сделать жизнь зятя невыносимой. Они читали его письма, не пускали к нему гостей, и за семь месяцев его дом превратился в настоящую тюрьму. Ампер искал утешения в письмах к матери: «Разве ты не знаешь, что идеального счастья не существует?» — писал он в начале декабря 1806 года. Но главной проблемой было не презрение тестя и тещи, не душная, затхлая атмосфера их дома. Хуже всего было то, что жена отказывалась говорить с ученым и во время трапез ограничивалась кивками головой. Ампер описал ситуацию в нескольких строчках, адресованных Мену де Бирану в марте 1807 года:

«Еще одно более грустное признание заключается в том, что эта женщина дает мне все новые доказательства сухости ее сердца, ее отвращения по отношению ко мне, и я даже едва могу обвинить ее в той боли, которую она мне доставляет: по ее мнению, я безумец, сумасшедший, увлеченный смешными

принципами...»

Между ноябрем 1806 года и июлем 1807 года Ампер жил в настоящем аду, будучи лишенным поддержки друзей и семьи, общения с ними. Мать убеждала его не уезжать из Парижа, чтобы не пожалеть об этом решении в будущем. Это много говорит о женщине, которой удалось обуздать материнский инстинкт ради будущего своего ребенка. Как писал отец Ампера перед казнью, для его сына не было ничего слишком невозможного. Чувство отверженности смешивалось с чувством вины. «У меня больше нет сил страдать», — писал Ампер Бредану. Он был на грани отчаяния и почти потерял надежду.

В июне Ампер покинул дом Пото и переехал в квартиру министерства внутренних дел, которую ему предоставил Шампаньи, где и жил в течение многих месяцев. Однако он сделал все, чтобы жена разделила с ним кров. Через два дня после переезда он написал отцу Женни, умоляя тестя позволить дочери жить с ним до рождения ребенка. Ампер послал лаконичное письмо и Женни, в котором нежно призывал ее к примирению:

«Будьте уверены, мадам, что во мне вы всегда найдете самые преданные супружеские чувства. Вы знаете: ничто не может помешать тому, что вы всегда будете предметом моей нежной привязанности».

Скорее всего, ответа он так и не получил. Похоже, что в июле 1807 году Ампер окончательно потерял надежду. Он писал Балланшу: «Очарованию конец». Шестого июля от консьержа в своей одинокой квартире на улице Гренелль-Сен- Жермен Ампер узнал о рождении дочери, Анн Жозефин Альбин. Не прошло и года со дня его женитьбы. В конце августа ученый ненадолго приехал в Лион, и родные места, казалось, дали ему новые силы для дальнейшей борьбы за свою семью. В ноябре он снова написал Женни, настаивая на совместной жизни. Он напоминал ей о предыдущем письме, которое осталось без ответа. В марте 1808 года Ампер предпринял еще одну попытку воссоединения, но на этот раз в письме были и легкие угрозы: ученый стремился сохранить брак хотя бы ради общего ребенка.

Из этих писем непонятно, насколько истинными были чувства Ампера к Женни. Его настойчивость могла быть связана с религиозной моралью. Суд был на стороне ученого, и в мае 1808 года вынес вердикт: жена и дочь должны жить с ним под одной крышей. Но этого Амперу было недостаточно — он искал ответных чувств, хотя и понимал, что надежды на это нет.

Пото подал апелляцию. В этот раз суд решил, что Женни не обязана жить вместе с мужем, но маленькая Альбин должна была остаться с отцом. Семья Пото лишилась права на опеку и должна была выплачивать 300 франков в год до достижения ребенком семи лет. Из-за религиозных убеждений супруги не стремились к разводу, но 11 июля 1808 года подписали полюбовный разъезд. Ампер убедил мать вместе с сестрой Жозефиной и его сыном Жан-Жаком переехать в Париж, в дом, который он купил в ноябре 1807 года. Этот дом располагался на улице Кассетт, под номером 22. Мать помогала ученому с двумя детьми, хотя ей самой к тому времени было больше 60 лет. Она умерла 4 мая 1809 года, и домашние хлопоты взяла на себя сестра Ампера. Этот период был наиболее плодотворным для исследователя в научном плане, хотя он не переставал сетовать на свою печальную судьбу.

…Мне остается лишь дружба. Пиши мне так часто, как сможешь, это мое единственное утешение…

Из письма Ампера Бредану, в котором он выражает грусть, вызванную смертью матери и безразличием друзей

Ампер не смог найти любовь, но попытался все же построить отношения еще с одной женщиной, о чем рассказывал Бредану. Мы не знаем имени той, «которая имела для него значение», известно лишь, что она была моложе Ампера. Он говорил о ее «верной дружбе», похоже, она поддерживала его с 1809 года, хотя в 1811 году вышла замуж за «ужасного лицемера». Ампер в то время погрузился в депрессию и писал лишь своим друзьям. Бредан в итоге признал: «Увы, он самый несчастный человек из всех, кого мне доводилось встречать».

Казалось, история с Женни ушла в прошлое, но спустя годы разлуки ученый вновь попытался воссоединиться с семьей. Впрочем, эта надежда быстро была разбита: Пото написал ему в марте 1813 года, что Женни забыла его. Женни Пото пыталась общаться с мужем, но встречала сопротивление сестры Ампера, которая оберегала брата,— об этом сам ученый писал своему другу Бредану. Мы мало знаем о том, как менялись отношения Женни и Ампера. Пото умер в октябре 1820 года, оставив дочери большое состояние. В это время Ампер занимался изучением электродинамики, которая изменит жизнь человечества.

ЗАПУТАВШИЙСЯ ХИМИК

Как мы видели, первые 10 лет жизни Ампера в Париже были полны страданий, главным образом связанных с чувствами. И неудачи в области химии лишь подпитывали уныние, которым полны его письма. Ампер был уже известен в Париже как математик, поэтому химики плохо отнеслись к его вторжению в их область, несправедливо считая ученого самозванцем.

ДЕЛО ДЭВИ

После назначения на должность профессора в 1802 году в Буркан-Брессе интерес Ампера к «Элементарному курсу химии» Лавуазье не угас. Во вступительной речи он говорил об интересующих его аспектах химии: соединении и разложении веществ, соединении кислорода и горючих веществ, щелочных и кислотных реакциях. Напомним, что в Бурк-ан-Брессе ученый уже оборудовал небольшую лабораторию.

После переезда в Париж в 1804 году Ампер ненадолго прервал свои опыты и представил свои работы лишь в 1808 году. Его вдохновили исследования британского химика Гемфри Дэви (1778-1829), который использовал электролиз для выделения элементов из соединений. В 1807 году с помощью электролиза Дэви выделил калий из углекислого калия и натрий — из соды. Ампер узнал об этом научном открытии, поскольку Дэви сам сообщил о нем, и в ноябре 1810 года Ампер начал переписку с Дэви. Письма молодого и неопытного Ампера полны энтузиазма и изобретательности, тогда как в письмах Дэви на английском языке чувствуется сдержанность и настороженность. В первом письме Ампер любезно поздравляет британского ученого с полученными результатами и просит прощения за то, что позволил себе написать ему, не будучи лично знакомым. Из-за недоверия коллег Ампер был вынужден разделить с Дэви свое недавнее открытие:

«Позвольте мне дать третьему веществу, поддерживающему горение, название оксифторида».

Ампер говорил о возможности открытия нового вещества, фтора. Свойства этого нового элемента были схожи со свойствами хлора, поскольку кислота, образованная из фтора (HF, фтористоводородная кислота), была подобна хлористоводородной, или соляной, кислоте (HC1), которую Дэви разложил на водород и хлор. Если посмотреть на периодическую таблицу элементов, то фтор находится сразу над хлором, в

колонке с галогенами, это означает, что их свойства очень схожи, в частности в том, что касается их способности образовывать соединения и вступать в кислотно-щелочные реакции. Дэви ответил Амперу через три месяца и назвал его подход «поучительным». Он проявлял в этом эпистолярном общении осторожность, обычную среди ученых того времени, особенно в тот период, когда открытие новых элементов имело важнейшее значение.

В 1813 году Дэви признал, что интуиция не подвела его французского коллегу. Сделал он это в письме, в котором также рассказал о том, как лишился глаза в результате опыта, подсказанного ему Ампером. В своей опубликованной работе Дэви рассказывал о том, что получил два письма от Ампера и что именно французский коллега предложил название флюорит (хотя на самом деле Ампер предложил ему название «фтор»). На этом дело и закончилось. Однако Дэви в последний триместр 1813 года был приглашен Наполеоном в Париж для получения премии Института — этот факт говорит о том значении, которое имела для Наполеона наука. Премия вручалась за работы последних лет в области электрохимии. Здесь Дэви лично познакомился с Ампером, а его ассистент, молодой Майкл Фарадей (1791-1867), скажет потом, что Дэви считал Ампера самым великим химиком Парижа. Однако члены Аркейльского общества считали Ампера математиком, для которого химия была лишь развлечением. Ампер вручил Дэви образец неизвестного вещества, которое француз Бернар Куртуа (1777-1838) получил из морских водорослей в 1811 году. Благодаря этому подарку Дэви открыл новый элемент, йод. Гей-Люссак сделал такое же открытие, но несколько позже, и ответственность за этот казус лежит на Ампере.

АРКЕЙЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО

Аркёй находится на юге Парижа, примерно в пяти километрах от центра, в долине реки Марны. Раньше это был отдельный город, но сегодня он превратился в пригород столицы. Здесь жили Клод Луи Бертолле и Пьер Симон де Лаплас. Между 1806 и 1822 годами, обычно в летние выходные, они проводили в своих домах собрания ученых и основали Аркейльское общество, которое пользовалось поддержкой Наполеона Бонапарта (Лаплас, кстати, был экзаменатором будущего императора в военной школе в 1785

году). В 1807, 1809 и 1817 годах были опубликованы «Доклады по физике и химии Аркейльского общества». Список членов общества был коротким: Фридрих Генрих Александр фон Гумбольдт (1769- 1859), Луи Жак Тенар (1777-1857), Жозеф Луи Гей-Люссак (1778-1850), Жан-Батист Био (1774-1862), Огюстен Пирам Декандоль (1778-1841), Ипполит Виктор Колле-Дескотиль (1773-1815), Амеде Бартелеми Бертолле (1780-1810), Этьен Луи Малюс (1775-1812), Франсуа Араго (1786-1853), Жак-Этьен Берар (1779- 1869), Жан Антуан Шапталь (1756-1832), Пьер Луи Дюлонг (1785-1838) и Симеон Дени Пуассон (1781-1840). Ампер в Аркейльское общество никогда не входил.

Клод Луи Бертолле, основавший вместе с Лапласом Аркейльское общество. Гравюра, А. Руссо (автор эскиза) и Е. Томас (гравировщик).

ГИПОТЕЗА АВОГАДРО — АМПЕРА

Во второй половине 1811 года ив 1812 году Ампер переписывался практически только с Бреданом. Друзья обсуждали главным образом личные вопросы и немного — химию. В письмах Ампера слышна скорбь. Казалось, ничто не могло его утешить. Бредан напоминал другу о счастливом детстве, они говорили о книгах, Бредан рассказывал о немецких произведениях, которые собирался перевести.

Переписка Ампера с Ру, Бреданом, Пикте и Дэви свидетельствует о том, что 1813 год был насыщен исследованиями. Ученый часто упоминает работы Дэви, Гей-Люссака, Дальтона и Бертолле. В январе 1814 года Ампер был вынужден прервать свою работу в области химии из-за того, как он сам объяснял в письме к Дэви, что в Академии наук освободилось место после смерти Боссю. Однако в апреле того же года ученый публикует первую работу по химии в «Анналах химии»:

«Определение пропорций, в которых соединяются тела, согласно числу и относительному расположению молекул (действительных атомов), частицы которых (действительные молекулы) входят в состав соединения».

В феврале, после заседания в Институте, он рассказал Бредану о своем беспокойстве из-за того, что Луи Жак Тенар (1777-1857), химик, который работал с Гей-Люссаком и был членом Института, отклонил его работу:

«Я прочел свой доклад, и его заклеймили, даже не изучив. Тот из членов, кто должен был бы высказать мне самую преданную дружбу, поскольку я пожертвовал местом, которое могло бы дать сегодня мне средства к существованию, — ты знаешь, о ком я, — поставил мне в упрек, вплоть до оскорблений, мою переписку с Дэви, которую счел преступлением!»

Амперу была необходима поддержка парижских коллег, поэтому, долго не размышляя, он решил послать свой доклад Бертолле в виде открытого письма. В докладе на 43 страницах он защищал гипотезу, выдвинутую Авогадро в 1811 году: равные объемы разных газов имеют равное число частиц при одинаковых температуре и давлении. В сноске внизу страницы он писал, что узнал о работах Авогадро, когда уже закончил свое исследование. Как уже говорилось, эта гипотеза объединяла частицы Дальтона и объемы Гей-Люссака. На самом деле, согласно закону объемных отношений, при одинаковых температуре и давлении объемы веществ, вступающих в реакцию, и объемы полученных веществ относятся друг к другу как целые простые числа.

Ампер приводил в пример воду: два объема водорода в сочетании с одним объемом кислорода образуют два объема водяного пара, то есть, говоря словами Ампера, в результате соединения одной частицы кислорода с двумя частицами водорода образуется две частицы воды. Из этого ученый сделал вывод, что для получения частицы воды нужна реакция половины частицы кислорода и половины частицы водорода, поскольку

кислород обладает двухатомной природой. Иными словами, чтобы не возникло противоречия между законом объемных отношений Гей-Люссака и атомной гипотезой Дальтона, необходимо принять, что некоторые элементы состоят более чем из одного атома.

В своем докладе Ампер использовал таблицу, содержавшую результаты изучения 23 многогранников, и предлагал ученым представить пропорции веществ, составляющих соединения, с помощью его геометрического исследования. В то время проводилось много опытов в области химии, хотя сама наука считалась в высшей степени теоретической: речь шла о поиске связи между теорией и результатами опытов. Добавим, что в тот же год Академия наук отклонила одно из исследований Ампера, в котором еще раз подтверждалась гипотеза Авогадро. Оно все же было опубликовано в «Анналах химии» в апреле 1815 года под названием «Доказательство открытого Мариоттом отношения между объемами газов и давлением, которое они испытывают при одинаковой температуре». И если современники плохо приняли этот труд, то позднее ученые отдали ему должное.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Из-за отсутствия интереса научного сообщества к его работам Ампер на несколько месяцев отошел от химии. Однако новый статус академика заставил его вернуться к этой науке, и в 1815 году он посвятил значительное время исследованию, которое представил в следующем году в «Анналах химии и физики» в нескольких частях под названием «Эссе о естественной классификации простых тел». Так еще раз проявилась его страсть к классификации. Ампер пытался применить критерии ботаники, известные ему с юности, к химии и таким образом выстроить естественную классификацию простых тел, или элементов. Для этого он использовал таблицу из 33 элементов, составленную Лавуазье в 1789 году.

В 1815 году Ампер составил список из 48 элементов, которые разделил на 15 видов (сопоставимых с группами современной периодической таблицы) в соответствии с их свойствами. Он разделил вещества по трем родам: газолиты, лейколиты и хроиколиты. Хотя ученый не делил вещества на металлы и неметаллы, он указал, что газолиты являются неметаллами, тогда как лейколиты и хроиколиты — металлы. Газолиты включают в себя пять видов, и их главное свойство заключается в том, что они

являются газообразными веществами или веществами, способными образовывать газы. Лейколиты также разделены на пять видов, это элементы с низкой температурой плавления. Наконец, хроиколиты имеют высокую температуру плавления, они тоже разделены на пять видов. Ампер использует суффикс -ид, который в греческом языке означает «схожий с»; так, название «бориды» означает «схожие с бором».

В Париже Ампер продемонстрировал большой интерес к химии, вызванный исследованиями Гемфри Дэви.

В 1824 году Ампер был назначен профессором физики в Коллеж де Франс.

Портрет Авогадро, который в 1811 году предложил понятие молекулы. В 1814 году такую же гипотезу выдвинул Ампер.

В 1789 году Лавуазье опубликовал «Элементарный курс химии», который сыграл важную роль в созданной Ампером классификации 48 элементов, которую он осуществил в 1815 году.

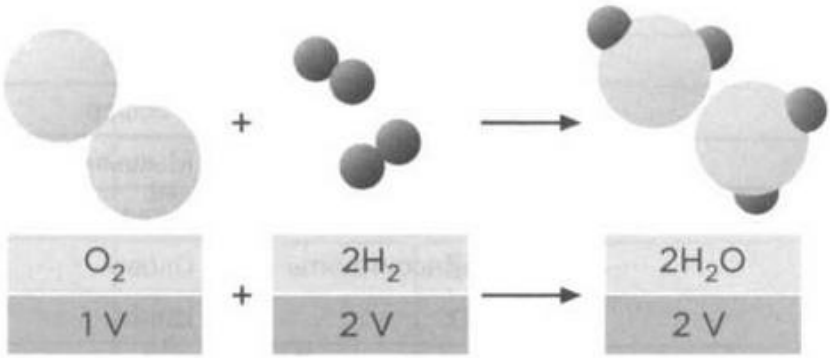
В классификации элементов Ампера (см. таблицу на странице 84) есть много плюсов и минусов. Ему удалось точно классифицировать известные в то время галоидные соли, которые находятся в колонке 17 периодической классификации: фтор (F), хлор (Cl) и йод (I). Он также правильно объединил известные в то время элементы, образующие щелочи, то есть натрий (Na) и калий (F). За исключением бериллия, он правильно объединил щелочноземельные элементы: магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr) и барий (Ba). Многочисленные ошибки Ампера связаны с сегодняшней 11-й группой: медь (Cu), серебро (Ag) и золото (Au) ученый отнес к трем разным видам и даже разным родам. Ампер также не слишком точен в группе кристаллогенов и пниктогенов, поскольку элементы этих групп отнесены к трем и четырем разным видам.

Но самая большая проблема классификации Ампера

заключается не в том, насколько верно он объединил элементы в группы. Гораздо важнее то, что ученый не принимал во внимание атомную массу элементов, поэтому современники скептически относились к его работам. На самом деле в сегодняшней периодической таблице элементы объединены не только по их физико-химическим свойствам, но и на основе атомной массы. Предпосылки этой идеи возникли во времена Ампера. Немецкий химик Иоганн Вольфганг Дёберейнер (1780-1849) сделал первый шаг в этом направлении. В 1816 году он заметил, что элементы можно объединять в тройки: центральный элемент будет обладать промежуточной атомной массой по отношению к двум соседним. Эта форма была названа триадами, и некоторые из этих триад таковы: хлор — бром — йод, кальций — стронций — барий, сера — селен — теллур, литий — натрий — калий. Как видно, в некоторых случаях интуиция не подвела Ампера: триада кальций — стронций — барий соответствует девятому виду классификации Ампера (кальциды), а два элемента (хлор и йод) триады хлор — бром — йод присутствуют в четвертом виде (хлориды), в нем нет брома, поскольку он был открыт лишь в 1826 году. Другие ученые, работавшие над классификацией элементов в XIX веке, последовали по пути, открытому Дёберейнером, и в 1869 году русский химик Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907) опубликовал периодическую таблицу элементов, которая приводится в школьных учебниках.

ЗАКОН ОБЪЕМНЫХ ОТНОШЕНИЙ И ГИПОТЕЗА АВОГАДРО — АМПЕРА

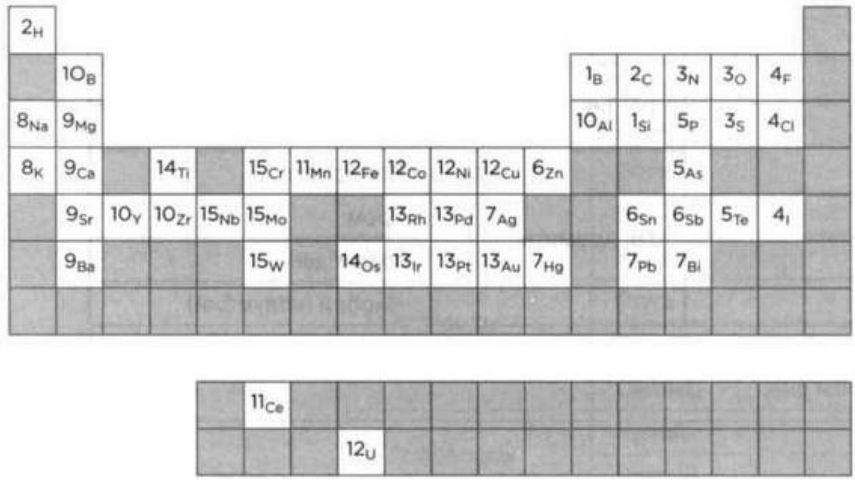
Согласно закону объемных отношений Гей-Люссака один объем (1V) кислорода при соединении с двумя объемами (2V) водорода образует два объема (2 V) воды, то есть вещества, вступающие в реакцию, и вещество, образовавшееся в ее результате, относятся друг к другу как простые числа (1:2:2). Версия Ампера была следующей: частица кислорода — двухатомная молекула в современной терминологии — соединяется с двумя частицами водорода — двумя молекулами в современном смысле, — в результате чего образуется две молекулы воды — две молекулы, состоящие из двух атомов водорода и одного атома кислорода.



Ампер продолжал заниматься химией, хотя так и не заслужил признания современников. Однако в историю науки он вошел не из-за этих исследований. В 1816 году, после отклонения третьего доклада по химии, ученый решил оставить эту область знаний. Неудача, возможно, объясняется событиями, с которыми он столкнулся с 1820 года и которые изменили как исследования Ампера, так и всю его жизнь.

РОД*	ВИД*	НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА
1. Газолиты	1. Бориды	Бор
Кремний		
2. Антрациты	Уголь	
Водород		
3. Тиониды	Азот	
Сера		
Кислород		
4. Хлориды	Хлор	
Фтор		
Йод		
5. Арсениды	Теллур	
Фосфор		
Мышьяк		
II. Лейколиты	6. Касситериты	Сурьма
Олово		
Цинк		
7. Аргириды	Висмут	
Ртуть		
Серебро		
Свинец		
8. Тефралиды	Калий	
Натрий		
9. Кальциты	Барий	

Стронций
Кальций
Магний
10. Циркон иды Иттрий
Бериллий (глюциний)
Алюминий
Цирконий



Эта таблица включает 48 элементов, известных во времена Ампера, остальные были вскоре открыты. На рисунке указан номер вида, присвоенный элементу Ампером, чтобы было видно, где он оказался прав и где ошибся.

ГЛАВА 4
Появление движущихся зарядов

После неудачного второго брака Ампер полностью сконцентрировался на работе. 1820 год знаменует решительный поворот в его исследованиях: ученый посвящает себя электромагнетизму. Почти 10 лет он проведет в своей лаборатории и войдет в историю благодаря успехам в этой области. Ампер первым представил гипотезу движущихся зарядов, являющихся источником магнитного поля, что создало предпосылки для возникновения электродинамики.

Электрические и магнитные явления наблюдались еще до нашей эры. Уже в античности заметили, что янтарь обладает электрическими свойствами, и от его греческого названия elektron происходит само слово «электричество». Кстати, магнетит, минерал с магнитными свойствами, содержащий окись железа, $Fe3_{O4}$, также известен с древних времен, его название происходит от города Магнесия в Малой Азии. Грек Фалес Милетский (624-546 до н.э.) первым попытался установить связь между этими двумя явлениями, но безуспешно. Китайцы первыми смогли найти применение магнетиту: тексты II века свидетельствуют об умелом использовании ими компаса. Арабы, научившиеся у китайцев использовать этот камень, привезли его в Европу.

Первый научный трактат об электричестве называется Epistola de Magnete (1269), его автор — средневековый мыслитель Пьер де Марикур. В течение четырех последующих веков, вплоть до появления De Magnete Уильяма Гильберта (1544— 1603), никакого значительного прогресса в истории науки не произошло. Английский ученый вместе с другими мыслителями XVII и XVIII веков внес значительный вклад в понимание электричества. Открытие существования двух типов электричества — стеклянного (получаемого при трении стекла) и смоляного (получаемого при трении смолы) — принадлежит французскому физику Шарлю Франсуа Дюфе (1698-1739). Дюфе также доказал, что тела с одноименным зарядом отталкиваются друг от друга, а с разноименным — притягиваются. Именно тогда благодаря аббату Жану-Антуану Нолле (1700- 1770) появилась теория двух флюидов, сегодня устаревшая. Другие ученые, в частности американский физик Бенджамин Франклин (1706-1790), справедливо утверждали, что существует лишь один электрический флюид.

ВОЛЬТОВ СТОЛБ

Решающую роль в исследованиях, которые привели к появлению теории электродинамики, сыграло использование вольтова столба.

Между изобретением Алессандро Вольты 1800 года и началом работ Ампера по изучению электричества и магнетизма прошло больше двух десятилетий. За это время использование столба значительно усовершенствовалось. Вольта основывался на неожиданном открытии итальянского медика Луиджи Гальвани (1737-1798).

В 1780-х годах Гальвани установил, что мышцы препарированной лягушки сокращаются, если касаются двух соприкасающихся металлов (меди и цинка). Явление не было до конца понято, однако научное сообщество узнало об открытии. Вольта решил развить его: он взял медные и цинковые пластины, положил их одна на другую и перемежил каждую пару влажным сукном, пропитанным электролитом. Первая пластина была медной, последняя — цинковой. При соединении концов прибора проволокой появлялся электрический ток. В эпоху Вольты и Ампера его в честь Гальвани называли гальваническим, а сегодня говорят «электрический ток».

Схематичное изображение вольтова столба.

В 1785 году, когда Андре-Мари Амперу едва исполнилось десять лет, Кулон открыл закон электростатического взаимодействия, сыгравший значительную роль в развитии электромагнетизма. Почему этот закон так важен? С одной стороны, предложенные им способы измерения использовались в дальнейшем Ампером и другими учеными; с другой стороны, математическое выражение этого закона (сила взаимодействия двух зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними) было очень схоже с выражением закона всемирного тяготения Ньютона (сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния между двумя массами). Ученые искали схожие отношения и в области магнетизма, но их усилия были безрезультатны.

В XVII веке произошел значительный прогресс в создании приборов, собирающих солнечную энергию, но лишь в 1800 году итальянский физик Алессандро Джузеппе Антонио Анастасио Вольта (1745-1827) изобрел вольтов столб. Наконец в распоряжении ученых появился постоянный источник электрического тока, и они могли сконцентрировать свои усилия на изучении нового явления. Первые догадки о взаимосвязи электрического тока и магнетизма появились лишь 20 лет спустя.

ОПЫТ ЭРСТЕДА

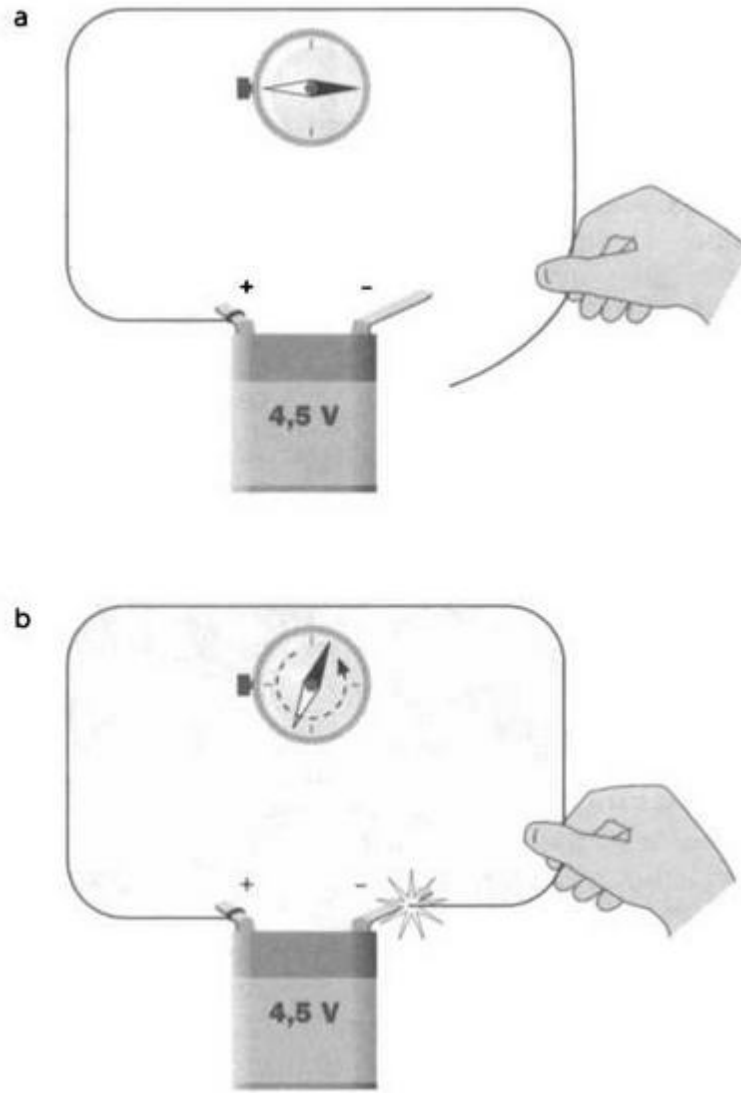
Датский физик Ханс Кристиан Эрстед (1777-1851) особенно интересовался явлениями электричества. Во время своих многочисленных поездок в Европу ему удалось собрать группу исследователей, которая занялась изучением новых явлений электрохимии. В 1813 году в своем произведении «Исследование идентичности электрических и химических сил» он писал, что «всегда пытался сопоставить электрические и магнитные силы». Эрстед в 1820 году опубликовал небольшую статью на латыни, в которой с помощью проведенного опыта показал взаимосвязь электрических и магнитных явлений. Считается, что эта статья, появившаяся 21 июля 1820 года, положила начало изучению электромагнетизма.

Опыт, совершивший революцию в мире физики и имевший огромное значение для человечества, можно описать одной фразой: физик показал, что при пропускании через проводник электрического тока магнитная стрелка компаса отклонялась (см. рисунок на следующей странице). Другими словами, он доказал, что электрический ток может воздействовать на магнит. Эрстед также понял, что это воздействие зависит от силы электрического тока, свойств проводника и расстояния между проводником и магнитом. Магнит не может находиться в любом положении — электрический ток воздействует на него только в определенных угловых положениях.

В статье Эрстеда не использовались математические методы, в ней не было никаких графиков, однако новость о важном открытии распространилась мгновенно. Франсуа Араго присутствовал при повторении опыта швейцарским физиком Шарлем Гаспаром де ла Ривом (1770-1834) в Женеве. Араго был так впечатлен, что поспешил представить результаты Эрстеда в Академии наук 4 сентября 1820 года. Для многих речь шла о новом и неожиданном явлении, так что академики испытывали некоторый скептицизм, поэтому Араго сам воспроизвел опыт через неделю, 11 сентября 1820 года, во время второго заседания академии. На нем присутствовал Ампер, и увиденное произвело на него такое впечатление, что ученый посвятил свои исследования изучению этого явления. Вскоре он пишет своему сыну:

«Моя жизнь вращается вокруг важного обстоятельства. С тех пор как я впервые услышал о прекрасном открытии господина Эрстеда [...] о воздействии гальванического тока на магнитную стрелку, я думаю только об этом. Я написал большую теорию этих явлений и уже известных магнитных явлений и провел ряд

опытов в соответствии с этой теорией, которые все удались и открыли мне множество новых фактов, [...] и вот новая теория магнита [...] совершенно не похожа на все, что говорилось до сегодняшнего времени».



Опыт Эрстеда заключается в параллельном расположении проводника и магнитной стрелки компаса (a). Когда по проводнику пропускается ток, магнитная стрелка принимает практически перпендикулярное положение по отношению к проводнику.

Ампер каждую неделю представлял в Академию наук результаты исследований, доказательства своих гипотез, чертежи новых приборов, предложения по развитию своих идей и так

далее. Он забросил все прежние исследования и полностью погрузился в работу в лаборатории.

ПРИЗНАННЫЙ УЧЕНЫЙ ЭРСТЕД

Ханс Кристиан Эрстед родился в городе Рудкёбинг (Дания) 14 августа 1777 года (то есть через два с половиной года после Ампера), а умер спустя много лет после смерти французского ученого, 9 марта 1851 года, в Копенгагене. Его отец был аптекарем, поэтому Эрстед изучал медицину, но так и не стал ей заниматься, потому что заинтересовался физико-химическими явлениями. В частности, он, вдохновленный работами немецкого физика Иоганна Вильгельма Риттера (1776- 1810), изучал гальванизм. В1820 году Королевское Общество удостоило его медали Копли, высшей награды, вручаемой ежегодно этим лондонским научным учреждением за работы в области физики и биологии. Хотя имя Эрстеда связано с открытием взаимодействия электрических и магнитных явлений, ему мы обязаны также открытием изоляции и получением алюминия в 1825 году. Научное сообщество отдало должное исследователю и назвало его именем одну из единиц измерения. Эрстед — это единица измерения напряженности магнитного поля в системе СГС; обозначение — Oe (в России используется вариант Э). Соотносится с международной системой (СИ) она следующим образом:

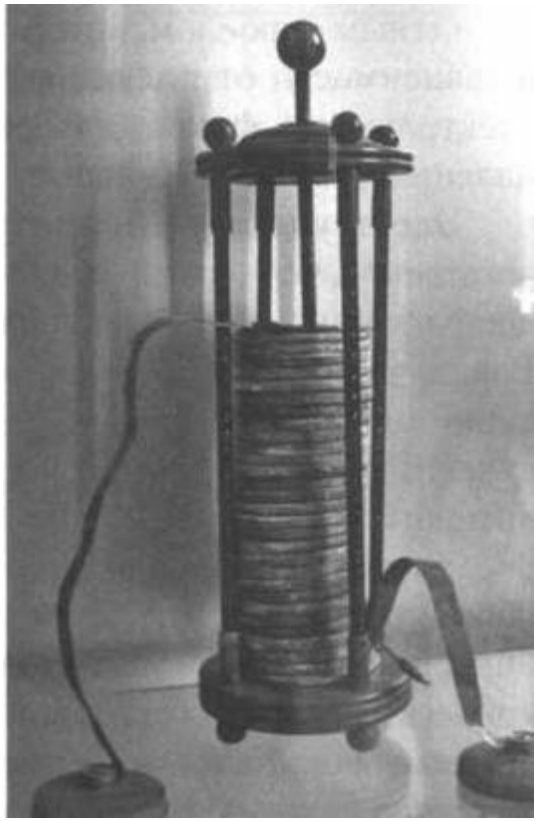
1 Oe =1000/4π А/м.

Портрет Эрстеда из цикла работ Йенса Петера Трапа «Известные датчане», 1868 год.

ОТ АМПЕРОВСКИХ ТОКОВ К ПРАВИЛУ АМПЕРА

Главная гипотеза Ампера заключалась в том, что магнитные явления основываются на электричестве. До Ампера существование постоянных магнитов объяснялось так называемым магнитным флюидом, который мог быть северным и южным, в зависимости от полюса магнита. Кроме того, существовал электрический флюид, который объяснял электростатические явления, открытые Кулоном.

Портрет Ампера в Париже.



Вольтов столб, сохранившийся в доме Алессандро Вольты в Комо.

Картина Джузеппе Бертини, на которой изображен Алессандро

Вольта, демонстрирующий свое изобретение Наполеону в 1801 году.

Электрические и магнитные явления объяснялись, соответственно, через разные флюиды, магнитный флюид был введен в научный обиход по аналогии с электрическим флюидом. Важно понять, что Эрстед не доказал электрическое происхождение магнитных явлений, а лишь показал, что между ними существует связь. Это был огромный шаг вперед, результаты которого Ампер использовал в своих исследованиях.

Ученому пришла в голову революционная идея: в основе обоих явлений лежит один источник. Он предположил, что внутри постоянных магнитов существуют движущиеся электрические заряды, состоящие из микроскопических электрических токов. Каждый из этих токов по отдельности выявить невозможно, однако, по словам Ампера, можно определить их совместное воздействие, которое будет общим током, циркулирующим вдоль оси магнита. Эти маленькие токи сегодня называются амперовскими токами, и их можно представить в виде микроскопических спиралей, которые вместе производят макроскопическое действие (см. рисунок 1 на следующей странице). Следовательно, отправной точкой Ампера было истолкование магнитных явлений через движущиеся электрические заряды — отсюда и происходит термин «электродинамика», авторство которого, таким образом, может быть присвоено Амперу:

«Название электромагнитного действия, которое я употребляю здесь для удобства, не будет больше использоваться для определения этого действия. Я полагаю, что оно должно определяться как электродинамическое действие. В этом названии выражено, что явления притяжения и отталкивания производятся движущимся электричеством в проводниках».

Ампер также сформулировал различие между электродинамикой и электростатикой. Первая принадлежит области физики, которая изучает движущиеся заряды, а вторая занимается неподвижными электрическими зарядами. Цитата приведена из книги «Сборник наблюдений по электромагнетизму» (1822), в которой, помимо работ Ампера, напечатаны письма Бертолле, Дэви, Фарадея, де ла Рива и де Савари. Эта книга, опубликованная Ампером за четыре года до его главного произведения, во многом содержала его теорию электродинамики.

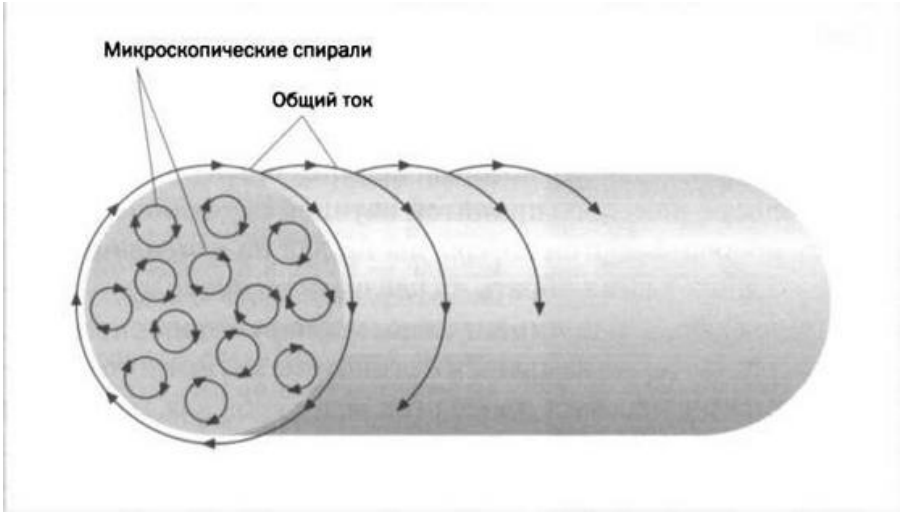


РИС. 1

Наглядное объяснение электродинамических явлений согласно гипотезе Ампера.

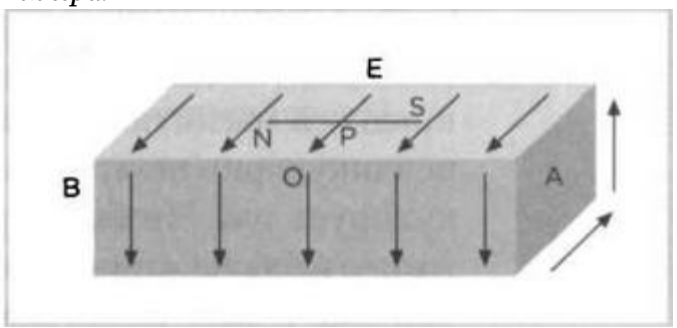


РИС. 2

Буквой B обозначен северный полюс, буквой A — южный. Рисунок из книги «Представление новых открытий в электричестве и магнетизме», опубликованной Ампером и Жаком Бабинэ в 1822 году.

Сначала Ампер полагал, что существующие внутри постоянного магнита токи были микроскопическими, отсюда вытекала их связь с молекулярными токами. На рисунке 2 показано, что северный и южный полюс перпендикулярны площади распространения электрического заряда.

Это явление можно наглядно представить в виде токов на бумаге; если токи движутся по часовой стрелке, северный полюс магнита расположится перпендикулярно листу бумаге со стороны наблюдателя, тогда как южный полюс будет находиться с нижней стороны листа.

С открытием Эрстеда началась настоящая интеллектуальная война: ученые разделились на два лагеря. Одна часть говорила о

необходимости рассматривать открытое явление в русле законов Ньютона, Кулона и существования электрических и магнитных флюидов. Главным представителем этого лагеря был французский физик Жан- Батист Био (1774-1862), который пытался объяснить аномальные явления с помощью принятой научной парадигмы. Ампер, представляющий другой лагерь, настаивал на изменении этой парадигмы, предлагая убрать из нее один из флюидов и упростить таким образом понимание вновь обнаруженных явлений.

Био решил не отказываться от гипотезы магнитного флюида. Он полагал, что если проводник ведет себя как магнитная стрелка, то это потому, что он временно превращается в магнит. Зато Ампер не только отказался от гипотезы магнитного флюида, но и утверждал существование в природе постоянных магнитов. Он разработал план исследований с целью выявления математического закона, описывающего взаимодействие между элементами, образующими ток. Это взаимодействие возникает между движущимися зарядами внутри проводника или, по словам Ампера, между «молекулярными токами».

Реализация этой программы означала введение в обиход новой научной парадигмы, в которой две реальности объединялись в одну: электрические и магнитные явления имеют одну природу. Через неделю после того, как Ампер увидел повторение опыта Эрстеда, он представил первое исследование. В записках Академии наук от 18 сентября 1820 года напечатан следующий его комментарий: «...я свел все магнитные явления к чисто электрическим эффектам». Эта фраза может считаться лозунгом всех будущих исследований Ампера.

Поначалу Ампер справедливо предположил, что токи в опыте Эрстеда соединялись с токами Земли, оказывающими влияние на магнитную стрелку. Вторым его предположением было то, что в идеальных условиях, когда Земля не оказывает никакого магнитного действия, стрелка устанавливается перпендикулярно по отношению к проводнику, по которому циркулирует ток. Чтобы устранить влияние земного магнетизма, Ампер изобрел «астатическую стрелку» (см. рисунок 3). В этом приборе компасная стрелка наклонена таким образом, что постороннее воздействие на нее устранено.

БИО, ОХОТНИК ЗА МЕТЕОРИТАМ!

Жан-Батист Био родился в Париже в 1774 году и умер там

же в 1862-м. В 1800 году он стал профессором физики в Коллеж де Франс, а в 1803 — членом Академии наук. Этот современник и коллега Ампера придерживался своих собственных идей. Несмотря на свое несогласие с электрической природой магнитных явлений, Био вошел в историю науки вместе с французским физиком Феликсом Саваром (1791-1841) как автор закона Био — Савара, описывающего магнитное поле, порождаемое постоянным электрическим током.

Плодовитый исследователь

Изучение электромагнетизма было лишь одним из научных интересов Био, также он занимался поляризованным светом и был одним из первых ученых, изучавших метеориты. Эта область привлекла его после того, как в апреле 1803 года в городе Легль Нижней Нормандии упали 3000 фрагментов метеорита. Жители города видели вспышку света и распад небесного тела на множество фрагментов. Био был уполномочен изучить странное явление и в результате работы пришел к следующему заключению: камни имели внеземное происхождение. В то время подобные утверждения встречались с некоторым скептицизмом, однако работы Био проложили дорогу научному изучению метеоритов. Остатки метеорита, обнаруженные в Легле, были хондритами и позволили ученым понять происхождение Солнечной системы. Число Био, обозначаемое Bi, было придумано в честь ученого и выражает теплообмен между поверхностью тела и окружающей средой.

Памятная открытка с изображением полета Био и Гей-Люссака на аэростате в 1804 году, предпринятого в целях изучения земной атмосферы.

Для этого плоскость круга с делениями располагается перпендикулярно к магнитному меридиану места, и земной магнетизм не может воздействовать на стрелку.

Благодаря астатической стрелке Ампер смог изобрести новый прибор, который назвал гальванометром:

«Не хватало инструмента, который позволял бы определить наличие тока в стержне или проводнике, а также его энергию и направление. Теперь этот инструмент существует; […] это прибор, похожий на компас, отличающийся от него использованием […]. Полагаю, ему нужно дать название гальванометра».

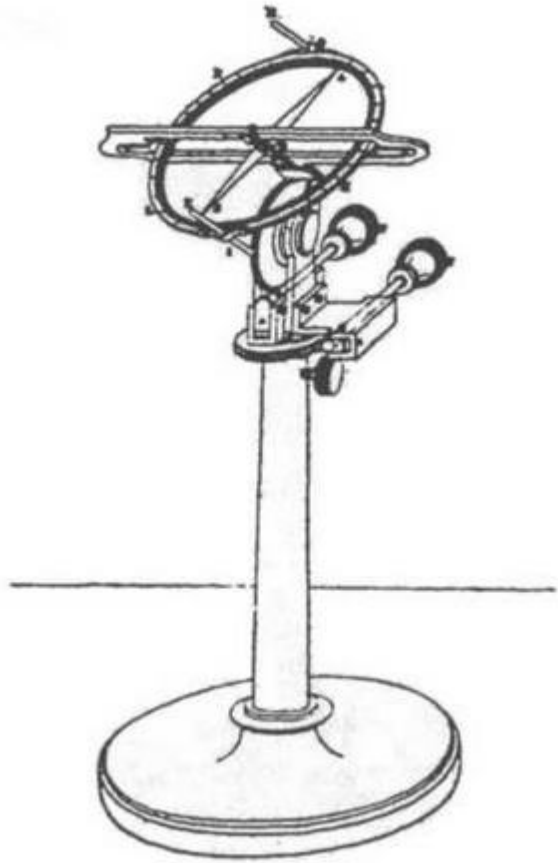


РИС.3

Астатическая стрелка Ампера в «Представлении новых открытий в электричестве и магнетизме» (1822).

В XIX веке изучение электромагнетизма было новой областью науки. В терминологии царила большая путаница, большинство определений нуждались в уточнении. Даже Ампер говорил об энергии тока, всегда имея в виду его силу. Угол отклонения стрелки мог показывать силу электрического тока, но нужно было определить его направление. Ученый произвольно выбрал направление движения положительных зарядов для определения критерия направления тока, а также выработал правило определения отклонения стрелки: «Если мысленно расположиться человеку вдоль проводника с током так, чтобы ток проходил по направлению от ног наблюдателя к голове и чтобы лицо его было обращено к магнитной стрелке, то под влиянием тока северный полюс магнитной стрелки всегда будет отклоняться влево». Это же правило он использовал и для Земли.

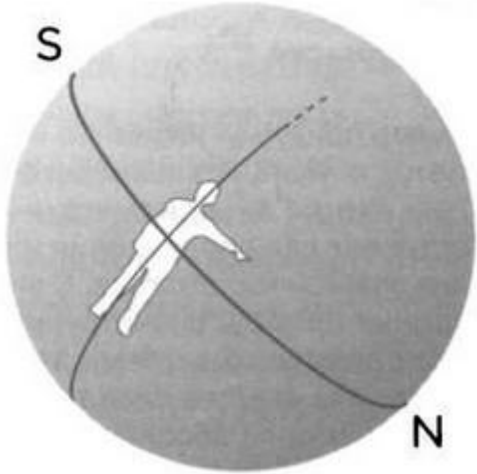


РИС. 4

Вариант рисунка, изображающего «правило Ампера».

В рукописях Ампера есть рисунок, иллюстрирующий «правило Ампера» (см. рисунок 4). На нем изображено, как действуют электрические токи на наблюдателя, если представить его внутри земного шара. Круг представляет собой земной шар, его магнитные полюса N (Северный) и S (Южный) связаны земным меридианом. Наблюдателя (от ног до головы) пересекает электрический ток (представленный частично), циркулирующий вдоль экватора. Нужно представить наблюдателя лежащим и смотрящим на находящийся над ним компас. Его левая рука указывает направление, в которое отклонится северный полюс компаса под действием тока, то есть N (Северный) полюс Земли.

УСПЕХ АМПЕРА

Гипотеза молекулярных токов Ампера имеет ощутимые отголоски в сегодняшней физике. В 1820 году электроны (элементарные отрицательно заряженные частицы) были неизвестны, еще меньше знали о квантовой физике. Сегодня свойства магнетизма касаются двух аспектов.

1. Орбитальное движение электронов вокруг ядра.

2. Квантовое свойство, называемое спином.

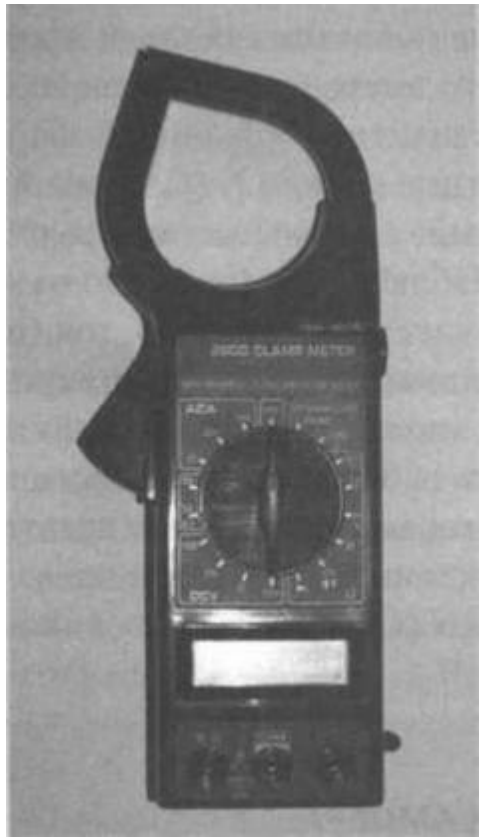
Честь открытия электрона принадлежит британскому

ученому Джозефу Джону Томсону (1856-1940). Оно состоялось во время проведения им в 1896 году опыта с катодными лучами. Таким образом, понадобилось почти 80 лет для открытия частиц, связанных с амперовскими токами, хотя электродинамика уже прочно утвердилась в науке. Кроме того, немецкий физик Ральф Кронig (1904-1995) ввел в 1925 году понятие спина, и это стало следующим шагом в понимании постоянных магнитов. Новые знания, полученные в течение двух веков после появления гипотезы Ампера, позволили классифицировать виды магнитных материалов, выделив диамагнитные и ферромагнитные. Более глубокое исследование этой классификации выходит за рамки данной книги.

АМПЕРМЕТР

Ампер придумал название «гальванометр» в честь итальянского ученого Гальвани. Гальванометр — это инструмент для определения и измерения электрического тока. С этой точки зрения прибор, сконструированный Ампером, не был гальванометром в строгом смысле слова, потому что он не измерял абсолютное значение электрического тока. Мы могли бы назвать «гальваноскопом» астатическую стрелку Ампера — устройство, определяющее лишь наличие электрического тока. Гальванометр называется амперметром, если он параллельно подключен к сопротивлению для очень точного измерения силы тока. По общему правилу, амперметр должен быть последовательно включен в электрическую цепь, хотя эту проблему можно решить с помощью токоизмерительных клещей. Их действие напоминает об исследованиях электромагнетизма, проводившихся во времена Ампера.

Поскольку провод создает вокруг себя магнитное поле, можно поместить его в токоизмерительные клещи (не прикасаясь к нему), измерить магнитное поле и затем вычислить силу тока.



Токоизмерительные клещи.

Не будет ошибкой утверждать, что работы Ампера косвенно участвовали в становлении теории относительности Альберта Эйнштейна. В 1905 году немецкий ученый опубликовал статью под названием «К электродинамике движущихся тел», в которой он процитировал слова Максвелла, излагавшего суть электродинамики в работах Ампера. В выстроенном Эйнштейном здании есть вклад и французского ученого. Эйнштейн никогда бы не пришел к своим выводам, если бы не знал, что движущиеся заряды взаимодействуют между собой и с магнитными полями.

ГЛАВА 5
Электродинамическое пари

В 1820 году Эрстед провел опыт, ознаменовавший революцию в физике XIX века. Следующие десять лет были невероятно продуктивными в сфере изучения электромагнетизма и электродинамики. Ампер погрузился в работу над формулировкой математического закона, который связал бы движение зарядов и магнетизм. Хотя ему понадобилось всего несколько месяцев, чтобы понять основные принципы этой связи, на завершение работы, ставшей итогом всех его исследований, потребовались годы.

С сентября 1820 года Ампер развил бурное научное творчество. Историкам потребуется много сил и времени, чтобы установить хронологию его открытий, учитывая тот факт, что ученый не вел лабораторного журнала. Рукописи Ампера, его сообщения для Академии наук и статьи этого периода изобилуют чертежами лабораторного оборудования. Сегодня нам известна программа его исследований при разработке теории электродинамики, особенно в период между 1820 и 1821 годом. Ученый всегда был удивительно настойчив — и в юные годы, и в качестве преподавателя, и в своих работах по классификации, и в личной жизни. Сейчас он поставил перед собой новую цель, заключил свое «электродинамическое пари»: Ампер хотел доказать справедливость своей теории. В этой главе рассказывается о его опытах и открытиях, к которым они привели.

СОЛЕНОИД

18 сентября 1820 года — в день, когда Ампер представил свою первую работу по электродинамике, — он также заявил, что скоро поставит опыт, который подтвердит его гипотезу об электрическом происхождении магнетизма. Спустя неделю,

25 сентября 1820 года, это и произошло на очередном заседании Академии наук. Сам Ампер видел в своем опыте неопровержимое доказательство того, что в основе магнетизма лежат молекулярные токи, то есть движущиеся электрические заряды. Он сконструировал устройство, в котором электрический ток проходил по двум закрученным в форме спирали

проводникам (см. рисунок 1). Проводники притягивались или отталкивались в зависимости от направления, в котором протекал ток. Таким образом ученый доказал, что проводники ведут себя как магниты, со всеми вытекающими отсюда последствиями: один конец спирали выступал в качестве северного полюса, а второй — в качестве южного. Этот опыт не был оценен по достоинству, хотя, в отличие от опыта Эрстеда, в эксперименте Ампера не требовалось использование магнитов. Роль магнита в нем исполнял другой проводник, и это доказывало, что электрические токи превращают проводники, закрученные в форме спирали, во временные магниты.

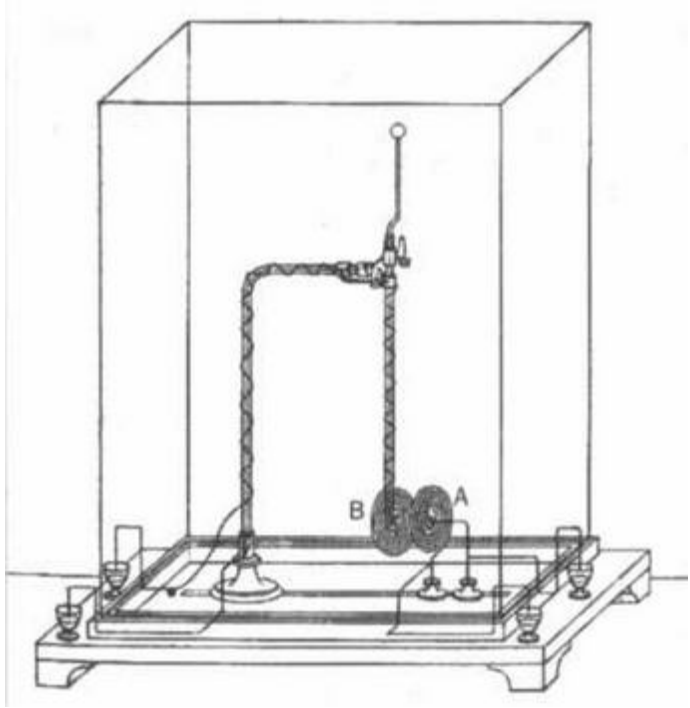


РИС. 1

Устройство, представленное Ампером для подтверждения гипотезы об электродинамическом происхождении магнетизма. Проводники в форме спирали A и B притягиваются или отталкиваются в зависимости от направления пропускаемого через них электрического тока. «Сообщение относительно действий электрических токов», 1820.

Аналогия между круговым током и магнитом становится особенно явной в случае соленоида — термин также придуман Ампером. Соленоид (см. рисунок 2 на следующей странице) представляет собой проводник, закрученный в спираль. Идея Ампера была достаточно своеобразной, поскольку позволяла

использовать бесконечное количество параллельных спиралей, то есть множество круговых наложенных друг на друга токов, создавая таким образом модель амперовских микроскопических токов и значительно увеличивая магнитный эффект. Кроме этого, в приборе был стержень, действующий как магнит и имеющий северный и южный полюса (см. рисунок 3 на следующей странице).

РИС. 2
Соленоид — это спирально закрученный проводник.

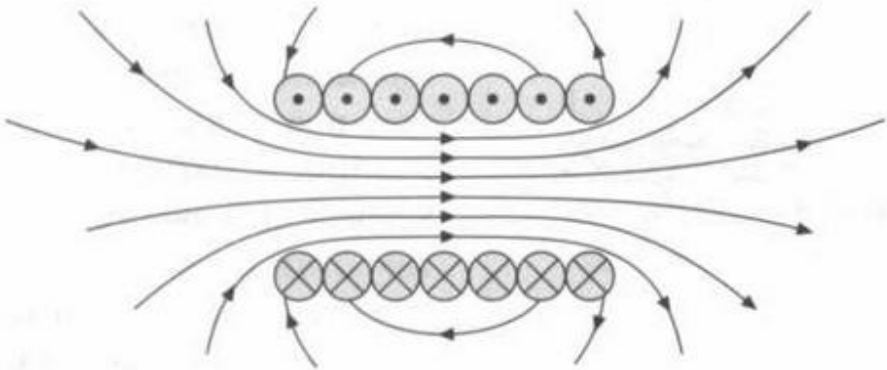


РИС.3
Продольный разрез соленоида позволяет увидеть, как электрический ток выходит через верхнюю часть (точки) и входит через нижнюю часть (кресты). Магнитное поле направлено вправо, оно однородно внутри и расходится снаружи.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТОКОВ

Ампер разработал и применил большое количество экспериментальных устройств, чтобы доказать, что проводники при пропускании через них электрического тока отталкиваются или притягиваются. Важнейший опыт, приведший к одному из самых известных открытий Ампера, касается взаимодействия параллельных проводников. С самого начала своих исследований ученый утверждал, что два проводника притягиваются, если направление пропускаемых через них токов одинаково, и отталкиваются, если направление этих токов является

противоположным. Спустя несколько недель после того, как Араго повторил опыт Эрстеда, 9 октября 1820 года, Ампер представил Академии наук эксперимент, изображенный на рисунке 4 на следующей странице, подтверждающий его теорию, согласно которой сила, возникающая между двумя проводниками, имеет электродинамическое происхождение. Однако часть зрителей, присутствовавших при опыте, продолжала считать, что этот эффект связан с обычным электрическим взаимодействием.

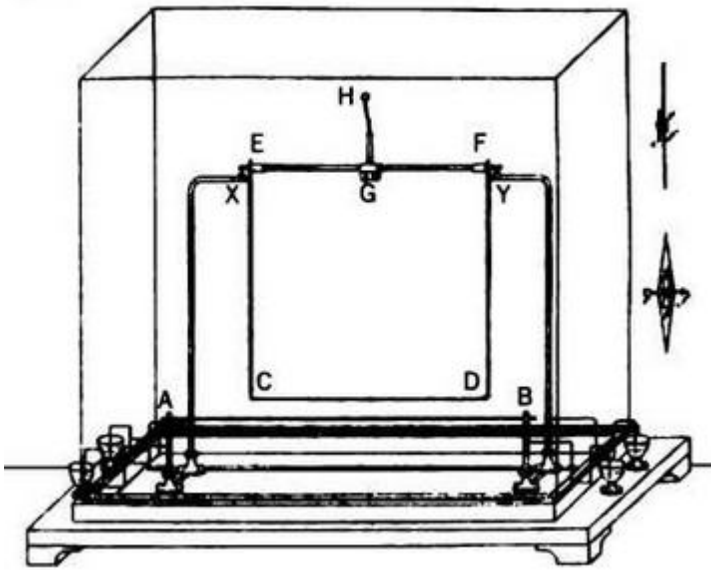


РИС. 4

На подвижный проводник CO влияет неподвижный проводник AB, который является частью конструкции CDFE, вращающейся на оси XY. Отдельная часть EF укреплена на X и Y, на небольших емкостях, заполненных ртутью, позволяющих электрическому току циркулировать по XCDY вне зависимости от наклона конструкции. Противовес GH позволяет приподнять центр тяжести достаточным образом для того, чтобы получить измеряемые углы, хотя силы, влияющие на CO, невелики.

ЗАКОН БИО — САВАРА

После открытия Эрстеда Био и Ампер разработали план исследований. Ученые основывались на разных принципах, но объединяла их общая цель: найти математическое отношение между электрическим током, пропускаемым через проводник, и магнитным полем, которое он производит. Подход Био отличался

от подхода Ампера тем, что первый использовал элементарные магниты. Био полагал, что проводник состоит из множества маленьких магнитов, и хотел рассчитать силу, производимую всеми ими в совокупности. Над разработкой математического закона Био работал вместе со своим коллегой по Коллеж де Франс французским физиком Феликсом Саваром (1791-1841). Коллеги разработали метод измерения силы, оказываемой проводником на магнит. Они опирались на опыты Кулона, в которых измерялось колебание магнитной стрелки. В конце октября 1820 года Био заявил Академии наук, что сила воздействия проводника на магнит обратно пропорциональна расстоянию между ними. Свой математический закон он обнародовал в декабре.

Био стремился сформулировать математический закон, описывающий магнитное поле, создаваемое прямолинейным проводником NH в точке M, где находится магнитная стрелка (см. рисунок 5). На рисунке Био проводник NH разрезан на микроскопические поперечные витки (см. рисунок 6). Каждый из них испытывает временное намагничивание своих молекул, которые образуют магнитные стрелки ab, a'b' и так далее.

Био объявил Академии наук о полученных результатах 30 октября: сила воздействия, оказываемого проводником бесконечной длины на полюс магнита, обратно пропорциональна расстоянию MH, отделяющему магнит от проводника. Дополнения, внесенные Лапласом, позволили установить, что один виток катушки N оказывает воздействие, пропорциональное

$$\mathbf{sinc\omega/r^2}$$

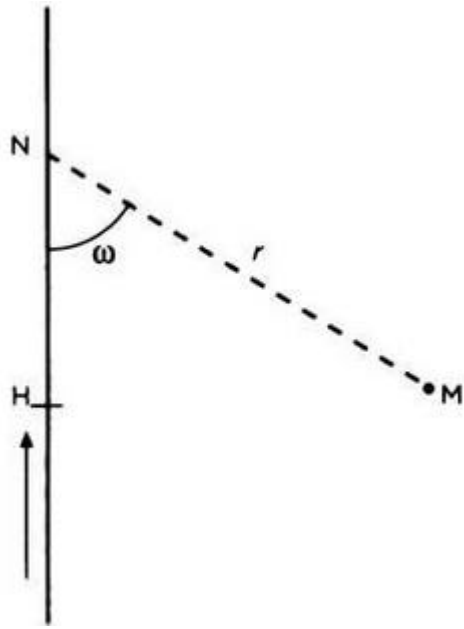


РИС. 5

Стрелка показывает направление электрического тока, проходящего через проводник NH. Био попытался обнаружить магнитное действие этого проводника на магнит, расположенный в точке M.

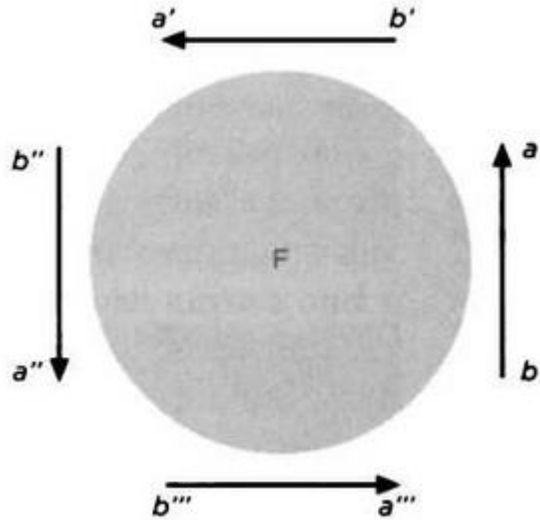


РИС. 6

Схематическое изображение магнитных витков Био.

Это и есть математический закон, представленный Био Академии наук 18 декабря. Очевидно, что закон обратных квадратов очень напоминает закон всемирного тяготения

Ньютона и закон электростатического взаимодействия Кулона. Однако между ними есть существенная разница: сила, производимая одним витком катушки N на M, направлена не по линии NM, а перпендикулярно прямой, соединяющей две точки. Современное математическое выражение закона Био — Савара, также называемого законом Лапласа, имеет вид

$$dB = \mu_0/4\cdot(I\cdot ds\cdot \sin\omega)/r^2.$$

Это уравнение является современной версией закона Био — Савара, поскольку в него добавлено магнитное поле B. dB означает дифференциальный элемент магнитного поля, то есть эффект, оказываемый одним витком проводника (дифференциальная поверхность ds). через который проходит электрический ток I, на магнит, расположенный в точке на расстоянии r, а линия от магнита до дифференциального элемента образует угол со с проводником. Общий эффект равен суммарному значению всех дифференциальных элементов dB, то есть это выражение необходимо проинтегрировать. Ампер не переставал считать исходную гипотезу Био о том, что проводник является магнитом, произвольным допущением. Однако и Био считал необоснованным предположение Ампера о том, что молекулярные токи создают магниты. На самом деле формулу Био и идею Ампера объединяет общее положение: если заменить воздействие магнита на электрический ток, то можно наблюдать притягивание между двумя параллельными проводниками, представленными в опыте Ампера. Закон электродинамики Ампера позволяет нам понять эту связь с законом Био — Савара, несмотря на различие исходных гипотез.

ЗАКОН ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ АМПЕРА

Учитывая блестящую репутацию Ампера в области математики, становится ясным, что он не удовольствовался своей догадкой по поводу электродинамического происхождения магнетизма. В его понимании задача ученого состояла в том, чтобы открыть общий закон, связывающий разные, на первый взгляд, явления. Ампер многие месяцы искал этот закон и долгие годы готовил публикацию окончательных результатов, которая состоялась в 1826 году и стала итогом его исследований. Эта работа чрезвычайно сложная, но мы считаем необходимым сделать краткий обзор изложенных в ней идей.

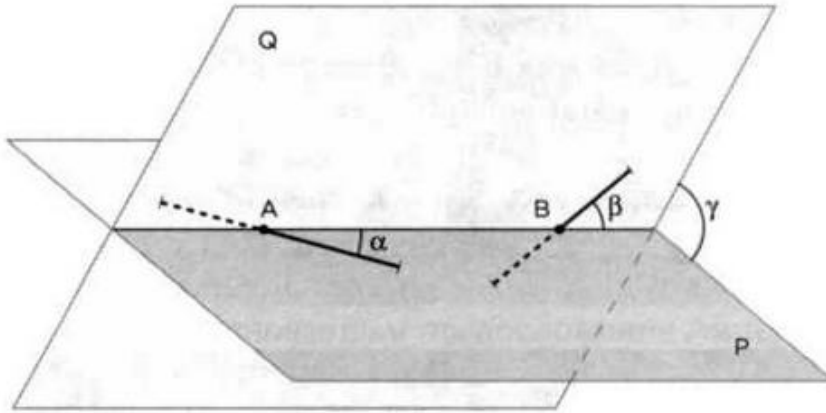
Если Био разделял проводник на бесконечно маленькие витки, каждый из которых представлял собой магнит, то Ампер

использовал бесконечно малую длину dl, которая представляла собой электрический ток. Он пытался обнаружить взаимодействие между двумя элементами бесконечно малого тока, а не между током и магнитом. Представим, что в точках

Имя Ампера, выгравированное на Эйфелевой башне рядом с именем Лавуазье.

Андре-Мари Ампер (слева) и Франсуа Араго повторили 11 сентября 1820 года опыт датского физика Ханса Кристиана Эрстеда. Араго держит два проводника около стрелки компаса и наблюдает появившееся отклонение. Ампер заключает, что в основе магнетизма лежит электричество.

А и В находятся два бесконечно малых элемента тока, которые образуют угол α и β с линией, связывающей эти точки. Если мы расположим элементы тока в плоскостях P и Q, угол между двумя плоскостями будет γ (см. рисунок).



Ток из точки A проходит через плоскость P, тогда как ток из точки B проходит через плоскость Q.

Отсюда Ампер, как и Био, вывел закон квадрата, обратного расстоянию, который гласит, что взаимодействие dF между двумя элементами тока, расположенными так, как изображено на рисунке, равно

$$\mathbf{dF = (g \cdot h \cdot (\sin\alpha \cdot \sin p \cdot \sin\beta + k \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta))/r^2}$$

где g и h зависят «от количества электричества, прошедшего за равные промежутки времени» (мы видим перед собой определение силы тока). Следующим шагом стал расчет постоянной k и точное определение g и A, но Ампер не смог установить, о каких переменных идет речь. Сопутствующий постоянной k фактор предполагает в выражении Ампера взаимодействие между токами, протекающими параллельно. Поначалу он считал, что должно быть $k = 0$. Ученый полагал, что элементы тока, находящиеся на одной линии, никак не взаимодействуют между собой. Определив эти параметры, можно было рассчитать общую силу, равную сумме всех сил dF — дифференциальных элементов силы, — которую производит элемент тока. Заметим, что в этом выражении содержится анахронизм, поскольку Ампер не использовал выражение dF, хотя его уравнение, несомненно, отсылало к дифференциалу. Он представил эту формулу в Академии наук 4 декабря 1820 года, через три месяца после заявления Араго.

Порядок, в котором мы открываем различные факты, не имеет ничего общего с их существованием в природе.
Андре-Мари Ампер

Предположение Ампера было встречено прохладно. С одной стороны, спешка, с которой он представлял свои сообщения,

вызывала подозрения; с другой стороны, ученым трудно было повторить его опыты, а некоторые его коллеги полагали лишним использование бесконечно малых элементов тока.

Но особый скепсис вызвала гипотеза Ампера о существовании электрических токов в магнитах. Из-за проблем со здоровьем в январе 1821 года исследователь вынужден был надолго прервать свою работу. Фарадей оценил опыты Ампера и оригинальность его теории, однако и он высказывал сомнения по поводу существования токов, которые не были обнаружены опытным путем. Именно открытие Фарадея, состоявшееся осенью 1821 года, дало новый импульс исследованиям Ампера.

Британский ученый открыл вращение магнита вокруг проводника с током и наоборот. Помня о своих идеях, в которых обосновывалось электрическое происхождение магнетизма, Ампер заменил магнит на соленоид и воспроизвел опыт Фарадея, используя только электричество. Ученый полагал, что новые открытия сокрушат идеи Био.

НУЛЕВОЙ МЕТОД И ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА

Начиная с 1822 года Ампер начал разработку новой экспериментальной методологии, которая привела его к окончательной

формулировке математического закона. Ученый предложил то, что впоследствии было названо нулевым методом, — использование для измерений прибора с центром в равновесии. Ампер хотел сконструировать устройство, в котором два контура, по которым проходит один и тот же ток, воздействовали бы одновременно на подвижный проводник таким образом, чтобы производимое ими воздействие взаимно компенсировалось, обнулялось (см. рисунок 7). Речь вновь шла об астатичной системе, в которой Ампер устранил бы воздействие земного магнетизма. Также ученый ввел в свои измерения недавно открытый метод колебания Фарадея. С марта по июнь 1822 года Ампер занимался сложными математическими расчетами и в итоге пришел к двум выводам:

— сила, действующая на элемент тока, направлена перпендикулярно этому элементу;

— коэффициент k имеет не нулевое значение, $k = ½$.

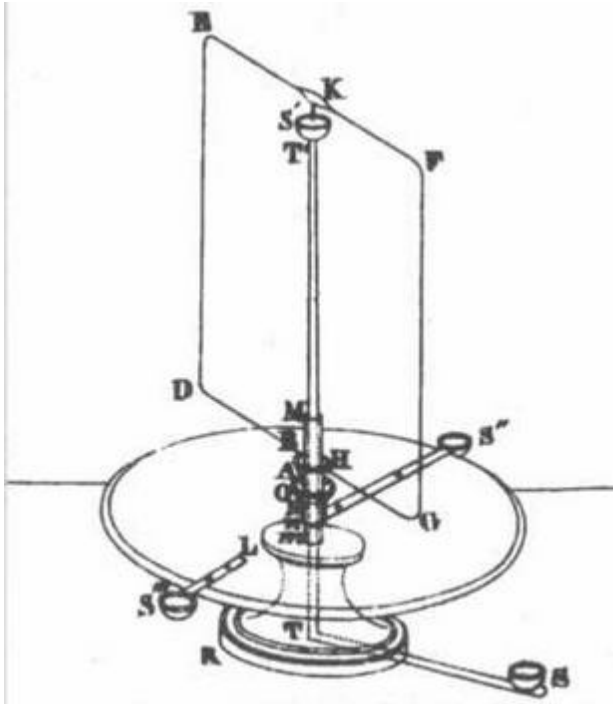


РИС. 7

Легендарный прибор Ампера, который позволил ученому рассчитать значение k. «Опыты, относящиеся к двум новым явлениям электродинамики». «Анналы химии и физики», 1822 год.

В сентябре 1822 года Ампер отправился в Женеву, где собирался провести совместные опыты с франко-швейцарским физиком Огюстом де ла Ривом (1801-1873), сыном уже упоминавшегося Шарля Гаспара. В результате он поставил один из самых знаменитых своих опытов. Как мы уже говорили, если k отличается от нуля, то это значит, что в математическом выражении должен быть фактор, выражающий взаимодействие между параллельными (или колинеарными) элементами тока. Это открытие стало сюрпризом для самого Ампера. Эффект еще сильнее проявился во время опыта с использованием оригинальной установки, который получил название опыта с подвижным проводником (см. рисунок 8). Проводник srqpnm состоит из двух параллельных секций srq и tmp, концы которых соединены третьим проводником, pq. Параллельные секции плавают в емкости со ртутью, которая разделена на две части с помощью изолятора AC. Проводник полностью закрыт изолятором из шелка, кроме концов s и m. Ток посылается из борна E, проходит через s в ртути и направляется к голому борну r, проходит через весь проводник и достигает второго голого

борна n, снова проходит через ртуть, проходит через m и снова возвращается к источнику электрического напряжения. Ампер и де ла Рив заметили, что каким бы ни было направление тока, как только цепь подключалась к батарее, вилка начинала питаться от ртути и отталкивалась от борнов. Ампер сразу же связал это явление с отталкиванием между парами элементов тока, один из которых находится в ртути, а другой — в одной из параллельных секций. За три месяца до этого эксперимента он предсказал существование коллинеарных сил, что имело невероятные последствия для теории электродинамики. Также Ампер установил центральную позицию сил, что вызвало особое восхищение во французском научном сообществе как следствие третьего закона Ньютона. Гипотеза электродинамического происхождения этих сил получила новое подтверждение.

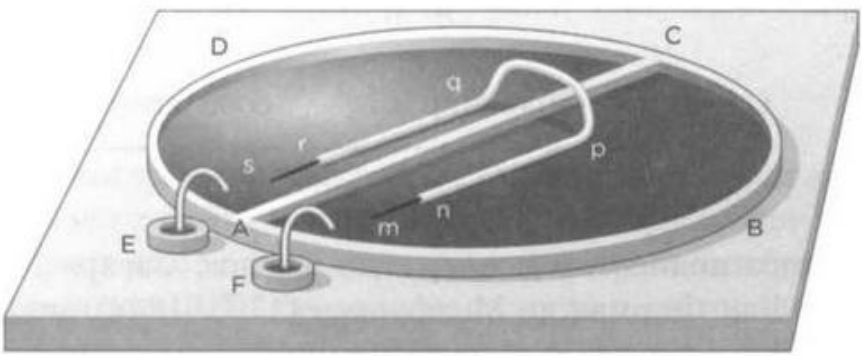


РИС. 8

Опыт с подвижным проводником, осуществленный Ампером вместе с де ла Ривом в 1822 году.

Опыты позволили Амперу определить факторы g и h как силу элементарных токов. Таким образом, окончательная формула позволяет вычислить взаимодействие между двумя элементами тока ds и ds'.

i • i' • ds • ds' • (sinα • sinβ • sinγ - 1/2 • cosα • cosβ)/r2

Ампера полностью поддержали Феликс Савари (1797— 1841) и Жан Фирман де Монферран (1795-1844), молодые многообещающие ученые, которые в 1823 году выпустили книгу под названием «Учебник по электродинамике». Савари был учеником Ампера и вывел закон Био — Савара через математическую формулу элементов тока Ампера. Ампер настолько обрадовался работам Савари и де Монферрана, что написал: все явления, которые до сих пор не имели удовлетворительного объяснения, можно объяснить с помощью его формулы. Ученый начал использовать свое уравнение для

контуров электрического тока любой конфигурации.

Также он ввел в обиход очень важный математический прием — линию, называемую направляющей. Рассмотрим взаимодействие между одним элементом тока и замкнутой цепью. В каждой пространственной точке направляющая принимает определенное направление, которое зависит только от замкнутой цепи. Ампер доказал, что сила, оказываемая на элемент тока ds', расположенный в определенной точке, всегда перпендикулярна направляющей в той же точке. Эта сила перпендикулярна и самому элементу тока и лежит в плоскости, определяемой элементом тока и направляющей. Наконец, помня, что элемент тока и направляющая образуют угол ε, Ампер упростил взаимодействие между элементом тока и замкнутой цепью до вида

1/2D • i • i' • ds' • sinε,

где D зависит только от формы замкнутой цепи и точки, в которой находится элемент тока. Отсюда возможно вывести закон, известный во Франции как второй закон Лапласа, или закон силы Лапласа, а в российской традиции — как сила Ампера:

dF = i' • ds' • B • sin ε.

Иными словами, фактор 1/2D • i приравнивается к B. Ампер не смог прийти к этому заключению только потому, что в его время еще не использовалось понятие магнитного поля, которое и есть B. Не существовало тогда и векторного исчисления — столь полезного инструмента наших дней. Таким образом, результат ds' • B • sinε, является модулем (цифровое значение) векторного произведения векторов элементов тока и магнитного поля:

$\vec{ds'} \Lambda \vec{B}$.

В результате получаем вектор, по-прежнему перпендикулярный двум векторам, участвующим в решении. Следовательно, выражение силы Ампера принимает вид

$\vec{dF} = i' \cdot \vec{ds'} \Lambda \vec{B}$.

и должно быть проинтегрировано для разных форм, принимаемых общим числом элементов тока. Типичным случаем является прямолинейный продольный проводник L, через который проходит ток I. Когда он подвергается воздействию магнитного поля B, на проводник действует сила

$\vec{F} = I \cdot \vec{l'} \Lambda \vec{B}$.

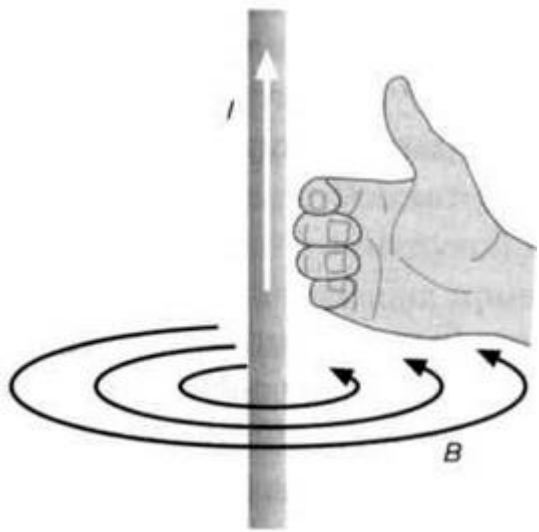
После зимы 1823/1824 годов Ампер вновь зашел в тупик в своих исследованиях из-за проблем в личной жизни и преподавании. Он вернулся к электродинамике в августе 1825

года, стремясь закончить свою работу.

ПРАВИЛО ПРАВОЙ И ЛЕВОЙ РУКИ

Иногда операции, описанные в текстах Ампера, трудно представить без векторов и других величин, связанных с пространственным положением и направлением. Интересные результаты может дать использование правой и левой руки. Рассмотрим оба случая.

1.Электрический ток проходит по прямолинейному проводнику. Возникающее магнитное поле будет концентрическим и перпендикулярным электрическому току — но какое оно будет иметь направление? Для его определения достаточно окружить в уме правой рукой проводник, так, чтобы большой палец указывал направление тока. Вращение запястья вслед за остальными пальцами укажет направление линий магнитного поля.



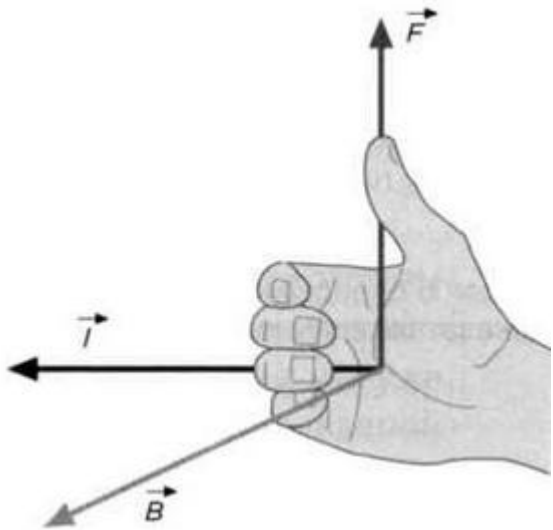
На этом рисунке линии магнитного поля перпендикулярны наблюдателю и закручены справа налево. Если ток течет в обратную сторону (вниз), мы направим большой палец также вниз и определим, что линии магнитного поля закручиваются в обратную сторону.

2. Для определения направления силы, воздействующей на проводник в магнитном поле (силы Ампера), используется левая рука. Рассмотрим результирующий вектор.

$\vec{I}' \Lambda \vec{B}$.

Расположим ладонь так, чтобы четыре пальца были направлены по току (вектор i), а вектор магнитной индукции входил в ладонь перпендикулярно ей (вектор B). Отставленный на 90° большой палец укажет направление силы, действующей на проводник, то есть силы Ампера.

(Для этого можно использовать и правую руку, главное — скорректировать направление векторов согласно описанному выше.)



На этом рисунке при определении BΛI' использована правая рука, следовательно, вектор B входит в ее тыльную сторону и выходит из ладони.

ЗАКОН ЛОРЕНЦА

Закон Лоренца является основополагающим законом электродинамики — дисциплины, обязанной своим появлением Андре-Мари Амперу. Под электродинамикой мы понимаем изучение взаимодействия движущихся зарядов с электрическими и магнитными полями.

Ампер при изучении взаимодействия элементов тока был вынужден принять гипотезу о том, что внутри проводников существует движение этих элементов. Во времена нидерландского физика и математика Хендрика Антона Лоренца (1853-1928) существование точечных зарядов уже было доказано. Закон Лоренца устанавливает силу, воздействующую на частицу q, движущуюся со скоростью v в магнитном поле B, и записывается следующим образом:

$\vec{F} = q\,\vec{v} \Lambda \vec{B}$.

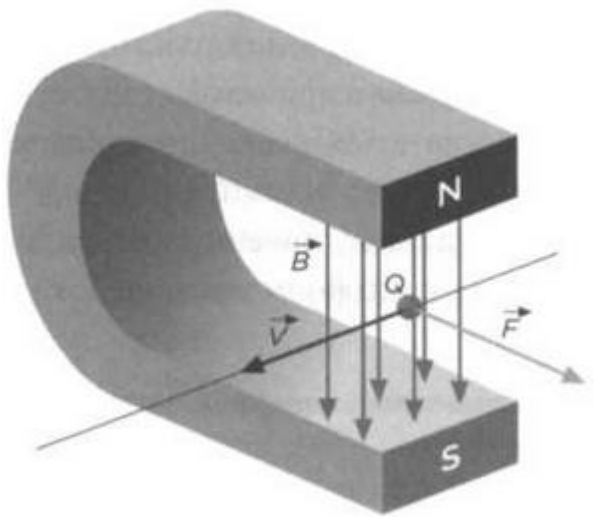
Если α определяет угол, образованный скоростью и магнитным полем, показатель силы может записываться также следующим образом:

$F = gvB\sin\alpha$.

Но этот показатель может соответствовать и движению заряда, проходящего в проводнике длиной L со скоростью v за определенный промежуток времени (v = L/t). Поскольку электрический ток определяется как движение зарядов на единицу времени (I = Q/t), предыдущее выражение может принимать вид:

$F = ILB\sin\alpha$.

Иными словами, речь идет о силе Ампера, существование которой следует из открытого Ампером математического закона, если мы предположим, что магнитное поле создается электрическим током.



Закон Лоренца не описывает происхождение магнитного поля. На этом рисунке изображен магнит, хотя его роль может выполнять и элемент тока, то есть движущиеся заряды могут вести себя как магнит.

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

В ноябре 1826 года парижское издательство Мэгиньон-Марви выпустило «Теорию электродинамических явлений, выведенную исключительно из опыта» — книгу, где были собраны «доклады, которые г-н Ампер представил Королевской Академии наук во

время заседаний 4 и 20 сентября 1822 года, 22 декабря 1823 года, 12 сентября и 21 ноября 1825 года». Книга содержит указатель, хотя сам текст не делится на главы или части, что затрудняет чтение. Несмотря на это труд Ампера представляет собой важный этап в истории электродинамики. Вот начало произведения — настоящая речь в защиту работы Ньютона:

«Эпоха, отмеченная в истории наук работами Ньютона, — не только эпоха наиболее важного из открытий, какие когда-либо делались человеком о причинах великих явлений природы; это также эпоха, когда человеческий ум проложил себе новую дорогу в области наук, изучающих эти явления.

Причины данных явлений искали ранее почти исключительно в импульсе со стороны неведомой жидкости. [...] Ньютон показал, что движение такого рода... должно быть сведено посредством вычисления к силам, действующим между двумя материальными частицами по прямой, которая их соединяет. При этом действие, оказываемое одной из этих частиц на другую, равно и противоположно действию, которое эта последняя одновременно оказывает на первую...»

Он считал, что не выдвинул ни одной гипотезы; однако же, как мы увидели спустя короткое время, он их выдвигал, даже не замечая этого факта.
Анри Пуанкаре (1854-1912).

Затем Ампер объяснял, что выводы Ньютона были не просто теоретическими, но основывались на опытных результатах, и цитировал законы Кеплера. Он также проводил параллель между работами Ньютона и сделанному им самим обобщению электричества и магнетизма. Кроме того, Ампер изящно упоминал работы своих современников Эрстеда, Био, Савара, Пуассона, Лапласа и других. Однако он был не совсем прав, говоря, что сам не выдвинул ни одной гипотезы и что все его выводы вытекали лишь из опытов.

Погружение в эту работу означало возврат к некоторым уже затронутым темам: концепция опытов, определение взаимодействия между элементами тока и так далее. Как мы уже говорили, речь идет о пересмотренной и усовершенствованной антологии электродинамической теории Ампера.

ВАЖНЫЙ 1820 ГОД

Интересно подвести итог важных событий 1820 года, которые привели Ампера к его теории электродинамики. Их хронология нам известна благодаря еженедельным заседаниям членов Академии наук, во время которых они представляли доклады о своих исследованиях.

4 сентября. Ампер сообщает академии об открытии Эрстеда.

11 сентября. Араго воспроизводит опыт Эрстеда для Академии наук.

18 сентября. Ампер показывает тангенциальное направление магнитной стрелки под воздействием электрического тока в ситуации, когда устранено влияние земного магнетизма.

25 сентября. Ампер доказывает, что спиральные проводники взаимно притягиваются и отталкиваются, а также реагируют на магниты аналогичной формы.

2 октября. Ампер представляет первую часть своего труда, который он опубликует в 1820 году в 15 номере «Анналов химии и физики»; он уже открыл электродинамическое взаимодействие между прямолинейными проводниками.

9 октября. Ампер представляет академии образцы приборов для установления электродинамических сил, действующих между прямолинейными проводниками.

17 октября. Ампер показывает Био и Гей-Люссаку прибор, с помощью которого он открыл воздействие земного магнетизма на кольцевой проводник.

30 октября. Ампер доказывает влияние земного магнетизма на электрическую цепь. Био и Савар делают свой первый доклад об измерениях, вытекающих из опыта Эрстеда.

6 ноября. Ампер представляет свой закон суммирования электродинамических сил и использует его для объяснения поведения спиральных проводников. Он использует спираль, закрученную вокруг оси-проводника, чтобы воспроизвести воздействие одного магнитного стержня на другой.

4 декабря. Ампер представляет свой принцип симметрии и использует его вместе с законом суммирования для определения углового фактора закона электродинамической силы. Био представляет предварительные измерения, осуществленные им вместе с Саваром.

11 декабря. Ампер представляет опыт, из которого следует, что фактор к является ничтожно малой величиной. Он совершает неубедительную попытку использования количественных измерений, чтобы доказать превосходство

своей теории над теорией Био.

18 декабря. Био и Савар представляют второй набор количественных измерений, вытекающих из опыта Эрстеда.

26 декабря. Ампер представляет прибор с подвешенным магнитом для формулировки своего закона аддитивности.

Конец декабря или начало января 1821 года. Ампер изобретает прибор с линейным подвешенным проводом в состоянии равновесия для доказательства закона аддитивности.

Основы теории электродинамики были заложены в этом 1820 году, однако Ампер продолжил ставить новые опыты и включать в теорию новые открытия вплоть до 1826 года.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

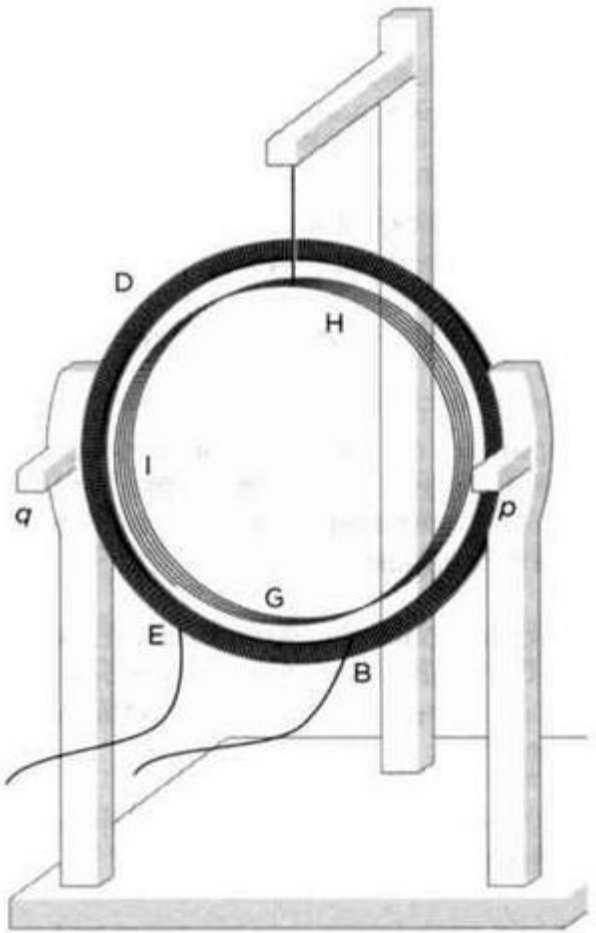
В 1820 году Эрстед открыл магнитное действие электрического тока. Сразу же возник обратный вопрос: может ли магнит оказывать электрическое действие? Может, как доказал Фарадей в 1831 году. Это явление известно как электромагнитная индукция.

Дважды Ампер чуть было не дошел до его открытия. По иронии судьбы нехватка математических знаний Фарадея (недостаток, в котором он сам признавался Амперу) оказалась его преимуществом: в то время как Ампер отвлекался на расчеты, подтверждающие математический закон, Фарадей ставил блестящие опыты. Ампер не говорил об индукции до тех пор, пока о ней не заговорил Фарадей после своего открытия в 1831 году. Фарадей говорил об электрических токах, побужденных или произведенных под влиянием других токов. В 1820 году французский физик Огюстен Жан Френель (1788-1827), а в 1825 году швейцарский физик Жан-Даниэль Колладон (1802-1893), работавшие с магнитами и соленоидами, также очень близко подошли к этому открытию. Экспериментальный подход Ампера был иным: он задавался вопросом о том, может ли электрический ток производить другой электрический ток.

Исследования индукции были осуществлены Ампером в июле 1821 года и сентябре 1822 года с помощью прибора, изображенного на рисунке. Ученый подвесил кольцо из меди (вторичную электрическую цепь) внутри круговой катушки, также из меди (первичная электрическая цепь).

Круговая катушка была не чем иным, как медной обмоткой круглой формы. Катушка DEB была стационарной, а кольцо Я/G,

напротив, могло двигаться. В положении p и q Ампер установил два магнита. Он пропустил электрический ток через первичную цепь, но не смог определить, как этот ток воздействовал на вторичную цепь. Для наблюдения этого нужно было, чтобы магниты заставили немного двигаться кольцо HIG.



В июле 1821 года Ампер написал письмо нидерландскому физику Альберту ван Беку (1787-1856), в котором частично описывал свой опыт. Его результаты были опубликованы в «Журнале по физике, химии, естественной истории и искусствам». Ампер утверждал, что электрические токи не производят других токов в проводниках. Он не оставил сведений о результатах, которые зафиксировал во время опыта, и даже не указал, была ли катушка именно катушкой или листом меди, согнутым в виде цилиндра. Как бы там ни было, ученый вскоре отказался от этого исследования и упустил возможность стать автором открытия электромагнитной индукции.

В сентябре 1821 года Фарадей заявил в Королевском Обществе о том, что он обнаружил постоянное вращение магнита под воздействием проводника с током и наоборот. Это событие подтолкнуло новые исследования Ампера, который начал поистине бесценную переписку с Фарадеем. Напомним, что через год, в 1822 году, Ампер посетил Огюста де ла Рива в Женеве. Там он провел три опыта, один из которых касался индукции, но на этот раз осуществил его с магнитом в форме подковы, гораздо более тяжелым, нежели прежние использовавшиеся магниты. Магнит был предназначен для выявления индуцированного тока во вторичной цепи (кольце) под влиянием тока первичной цепи. В этот раз Ампер и де ла Рив установили, что кольцо наклоняется, когда ток проходит по вторичной цепи, и возвращается в исходное положение, когда ток прекращается. Ампер не смог установить того факта, что это явление наблюдалось только при переменном токе, но не при постоянном. С самого начала своих исследований ученый интересовался предсуществованием тока в микроскопическом мире. Он справедливо задавался вопросом о том, не является ли обнаруженный им ток простым перенаправлением токов молекулярного мира или речь идет действительно об индуцированном токе, которого раньше не существовало. Он писал:

«Факт возникновения электрического тока под влиянием — очень интересен сам по себе, впрочем, он не связан с общей теорией электродинамического действия».

ТЕЛЕГРАФ И ЭЛЕКТРОМАГНИТ

Ампер был блестящим ученым с выдающимися талантами в области теории. Однако его таланты в области практики были не столь значительными. Тем не менее ему ошибочно приписывается авторство множества изобретений, среди которых телеграф и электромагнит.

Вопреки этим утверждениям Ампер не был изобретателем телеграфа. Термин «телеграф» (означающий «писать на расстоянии») в то время уже существовал: первая линия оптического телеграфа была открыта благодаря братьям Шапп в 1794 году, между Парижем и Лиллем. Однако открытия Ампера сыграли главную роль в развитии электрического телеграфа. Его предложение было основано на результатах опыта Эрстеда: магнитная стрелка компаса могла отклоняться под воздействием удаленного провода. Позже предложение Ампера было несколько

видоизменено, а когда появились лучшие идеи — и вовсе позабыто. В частности, открытие электромагнитной индукции и изобретение азбуки Морзе произвели революцию в использовании телеграфа и привели к его повсеместному распространению. Жан-Жак Ампер, сын Андре-Мари Ампера, опубликовал труд своего отца под названием «Доклад об электрическом телеграфе» в 1849 году, после смерти ученого, хотя эта работа к тому времени уже устарела.

ЗАКОН ФАРАДЕЯ — ЛЕНЦА

Согласно закону Фарадея электродвижущая сила индукции (e) для замкнутого контура пропорциональна скорости изменения магнитного потока (Ф), проходящего через этот контур.

$\varepsilon = d\Phi/dt$.

Знак минус относится к закону Ленца, согласно которому индукционный ток в контуре всегда имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот индукционный ток, и это является следствием принципа сохранения энергии. Магнитный поток помогает измерить интенсивность магнитного поля, проходящего через плоскость. Опыт 1831 года, который позволил Фарадею обнаружить электромагнитную индукцию (см. рисунок рядом), состоял в том, что он менял мощность тока, пропускаемого через электромагнит первичной цепи в форме соленоида (слева). Соленоид был соединен с изолятором или другим соленоидом (вторичная цепь, справа), таким образом, что две цепи были разделены. Когда к первичной цепи подключалась батарея, наблюдался кратковременный всплеск тока. З этот короткий интервал соленоид производил изменяемое во времени магнитное поле, соответственно, ток во вторичной цепи также изменялся. Это колебание магнитного потока внутри вторичной цепи производило индукционный ток, фиксируемый гальванометром. Таким образом, ток возникал при соединении или разрыве цепи из-за повышения или понижения напряжения, и это вело к изменениям магнитного потока во вторичной цепи.

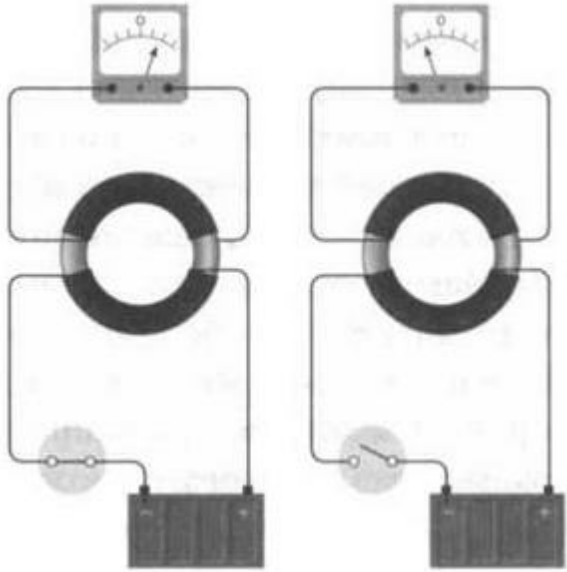


Схема опыта Фарадея 1831 года.

Электромагнит, то есть магнит, свойства которого появляются под воздействием электрического тока, также не является изобретением Ампера. Араго и Ампер вместе разрабатывали эту концепцию и проводили различные опыты, многократно получая изолированные проводники, которые действовали как электромагниты, создавая магнитное поле. Однако они не изучали само устройство, поскольку целью их опытов было подтверждение математического закона Ампера. Из-за этого тесного сотрудничества изобретение электромагнита иногда несправедливо приписывается Амперу. На самом деле его изобретатель — британец Уильям Стёрджен (1783-1850), который сконструировал и использовал по назначению первый в истории электромагнит. Он представлял собой согнутый в форме подковы железный стержень, покрытый лаком, обмотанный примерно 18 витками медной проволоки. Стёрджен доказал, что этот 200-граммовый электромагнит может поднимать до четырех килограммов. Но главный вклад в популяризацию электромагнита внес американец Джозеф Генри (1797-1878): ему удалось поднять больше 900 килограммов электромагнитом, обмотанным сотнями витков медной проволоки. Промышленное использование электромагнита поначалу было связано исключительно с телеграфией.

ГЛАВА 6
Ньютон электричества

Помимо работ в области электродинамики и многочисленных трудов по математике и химии, Ампер интересовался оптикой, а в конце жизни написал эссе по философии науки. Последние годы жизни измученный болезнями ученый провел рядом со своими детьми. Андре-Мари Ампер сыграл огромную роль в истории науки.

Максвелл в своем главном труде назвал его Ньютоном электричества.

В 1820 году, когда Ампер заинтересовался электродинамикой, его сын Жан-Жак познакомился со знаменитой мадам Рекамье. Жанна Франсуаза Жюли Аделаида Рекамье (1777-1849), хозяйка известного в Париже салона, была в два раза старше его, но это не помешало молодому человеку попасть под ее легендарное обаяние. Жан-Жака давно влекло к литературе, а новое окружение лишь укрепило его решение связать с этим искусством свою жизнь. Его отец, тоже страстный любитель поэзии и литературы, поддержал сына и помог ему опубликовать в сентябре 1823 года первую пьесу — «Роземунда». Вскоре мадам Рекамье решила уехать на год в Италию, и Жан-Жак сопровождал ее в путешествии от Рима до Неаполя. Когда он в декабре 1824 года вернулся во Францию, отец умолял его жениться на Клементине, дочери французского натуралиста Жоржа Кювье (1769-1832). Ситуация стала невыносимой для Жан-Жака, и в начале 1826 года он решил уехать в Германию. Молодой человек перестал писать пьесы в стихах и нашел свое призвание как историк литературы. Сегодня он считается одним из предшественников сравнительного литературоведения. В его подходе большую роль сыграли многочисленные путешествия. Жан-Жак так и не женился и продолжал встречаться с мадам Рекамье до самой ее смерти. В 1848 году он был избран в члены Академии наук, умер 27 марта 1864 года в По.

В последние десять лет жизни интерес Ампера к электродинамике потихоньку сошел на нет, и он сконцентрировал свои усилия на энциклопедической классификации академических дисциплин. Между тем новым источником его страданий стала дочь Альбин. В 1827 году она вышла замуж за Габриэля Рида, солдата наполеоновской армии, который имел склонность к алкоголю, играм и часто проявлял жестокость. Несмотря на возражения матери, Женни Пото,

свадьба была сыграна в ноябре 1827 года. Союз быстро распался из-за вспышек гнева Рида, во время которых он в числе прочего приставлял оружие к виску или сердцу своей жены. Рид лечился от алкоголизма, но так и не смог справиться с этим пристрастием. В 1832 году Альбина, наконец, получила развод. Однако на этом история не закончилась. В том же году Рид уехал в Гваделупу к родным, но летом 1834 года объявил о своем возвращении. Ампер пережил несколько беспокойных месяцев. О конце истории мы узнаем из его письма к сыну. Вооруженный шпагой Рид явился к бывшему тестю и выгнал Ампера, одетого лишь в пижаму, на улицу. С помощью консьержа ученому удалось задержать обезумевшего Рида, который вместе с двумя братьями был сослан в Новый Орлеан. Последние месяцы жизни Ампер наконец смог прожить спокойно. После его смерти в 1836 году Рид вернулся из Соединенных Штатов, вновь сошелся с Альбин, и у них родилась дочь Мари. К несчастью, через десять месяцев она умерла, и род Андре-Мари Ампера прервался. По иронии судьбы, когда поведение Рида улучшилось, разума лишилась Альбина, она даже утверждала, что разговаривает с дьяволом. Умерла она в 1842 году, а в следующем году умер и ее супруг.

ОПТИКА

В это беспокойное время Ампер меньше занимался наукой, нежели в предыдущие годы. Однако страсть к исследованиям не оставляла его, и вместе со своим другом Огюстом Жаном Френелем ученый заинтересовался оптикой. Френель снимал квартиру у Ампера, в которой обитал несколько лет, пока не умер от туберкулеза в 39-летнем возрасте. Его исследования, основанные на работах Христиана Гюйгенса (1629-1695), подкреплялись открытиями английского врача Томаса Юнга (1773-1829), однако остались в Англии без внимания.

В XVIII веке в оптических исследованиях главенствовала корпускулярная теория Ньютона. Согласно этой теории свет состоял из крошечных частиц, которые распространялись по прямой линии. С помощью этой теории Ньютон и его сторонники смогли объяснить множество явлений, например отражение: свет отражается, поскольку составляющие его частицы отскакивают от отражающей поверхности. Эта теория существовала одновременно с волновой теорией Гюйгенса, согласно которой свет распространяется волнами, исходящими из его источника. Однако в подходе Гюйгенса было слабое место: для

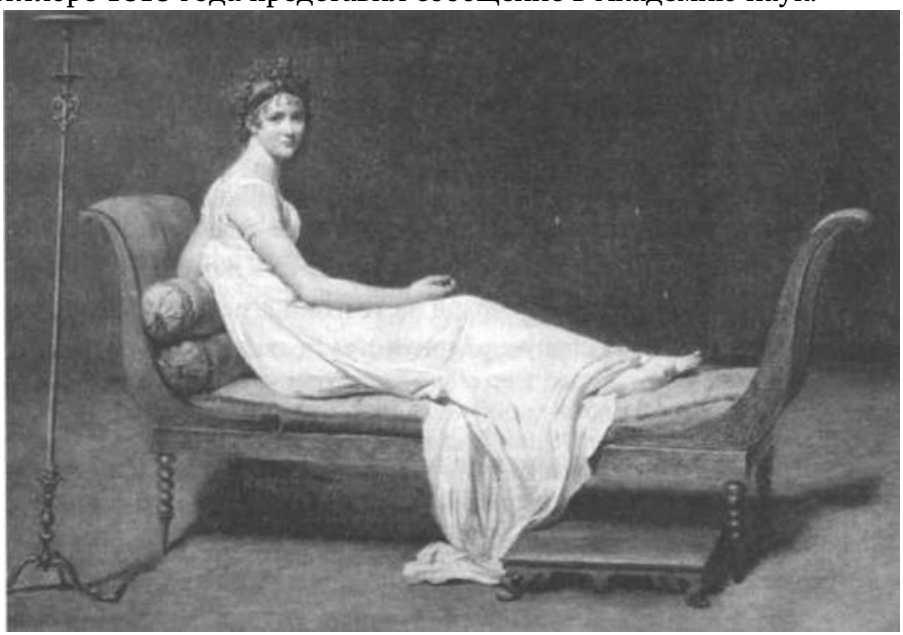
распространения волн требовался эфир — среда, которая заполняла все пространство и была при этом неосязаемой. Для объяснения оптических явлений выдвигались и другие теории, но в конце XVIII века главный спор шел между приверженцами корпускулярной и волновой теорий.

В 1803 году в журнале Philosophical Transactions of the Royal Society of London были опубликованы результаты знаменитого опыта Юнга с щелями. Этот опыт вошел в список десяти лучших опытов в истории, поскольку доказал волновую природу света и ввел понятие интерференции. Юнг не отличался красноречием, но был невероятно образованным полиглотом (он участвовал в переводе надписей на Розеттском камне). Его опыт противоречил ньютоновской традиции, поэтому поначалу публикация осталась незамеченной. Во Франции ситуация складывалась не лучше: лапласовская школа объясняла все явления с помощью основных сил Ньютона. Среди приверженцев корпускулярной теории были такие ученые, как Жан Батист Био, вечный противник Ампера. Несмотря на давление сторонников корпускулярной теории, Френелю удалось внедрить в научное сообщество идею волновой интерференции. В 1818 году он получил награду Академии наук за работы по дифракции и в 1823 году стал академиком. Его работы получили признание в Англии, в 1827 году Лондонское Королевское общество наградило его медалью Румфорда «за развитие волновой теории в приложении к явлениям поляризации света и за ключевые открытия в оптической физике». Любопытно, что эта же награда была вручена в 1840 году Био и в 1850 году — Араго за их работы в области поляризации света.

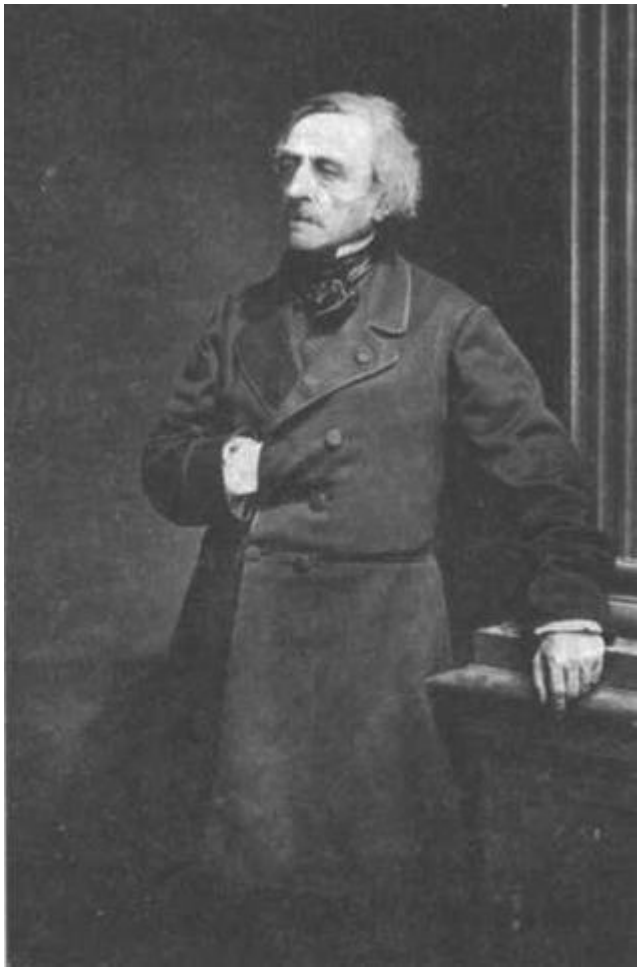
В предыдущих главах мы писали о том, что Ампер до 1820 года интересовался математической физикой и химией, а потом обратился к электродинамике. Однако он также принял участие в спорах о природе света. Его исследования в области электродинамики соответствовали идеям Ньютона, однако, как это ни странно, в итоге ученый поддержал волновую теорию. Его позицию можно оправдать двумя факторами: дружбой с Френелем и соперничеством с Био. Особенно Ампера интересовала идея эфира — тонкой и эластичной среды, на которую опиралась вся волновая теория передачи волн. Какое-то время ученый полагал, что может использовать эту идею и при объяснении электродинамических явлений. Эта была первая попытка установить связь между оптикой и электричеством — еще один пример склонности Ампера к обобщению.

Френель учился в Политехнической школе, его дядя Леонор Мериме познакомил его с Араго и Ампером. Френель и Ампер имели одинаковую склонность к научным и духовным проблемам

— именно так началась их дружба. В 1814 году Френель заинтересовался оптикой и поделился своими соображениями с Ампером, который в тот момент был увлечен химией и математикой. Между 1805 и 1815 годами Био и Лаплас возглавили мощную программу в области корпускулярной оптики, которая, кстати, была поддержана и Ампером. В 1814 году Френель представил исследование по оптике Лапласа, опубликованное позднее, в 1816 году. Речь шла о «Доказательстве теоремы, которая позволит вывести все законы преломления обыкновенного и чрезвычайного». Этот труд был посвящен двойному преломлению исландского шпата. Тогда Френель предпринял тщательное исследование дифракции, вследствие чего заинтересовался интерференцией. При поддержке Араго он в октябре 1815 года представил сообщение в Академию наук.



Портрет Мадам Рекамье в возрасте 23 лет, выполненный в 1800 году Жаком Луи Давидом.



Фотография Жан-Жака Ампера, сделанная Антуаном Самюэлем Адам- Соломоном (1818-1881).

Могила Андре- Мари Ампера и Жан-Жака Ампера на Монмартре.

Похвалы Араго не были поддержаны ни Лапласом, ни Био, и только в 1816 году Ампер оценил новаторские идеи Френеля и сравнил его вклад в науку со вкладом Ньютона:

«Строение господина Френеля, используя концентрические круги, вытекает из одного явления. Однако если эти круги сработают и в других случаях, он сможет свести все к одному простому закону. Таким образом, несмотря на то что я всегда признавал систему испускания (корпускулярную), выводы доклада мне кажутся правильными».

Френель назвал изменение позиции ученого «обращением Ампера в волновую оптику». Но в 1816 году ничто не могло склонить чашу весов в пользу Френеля и Араго или Лапласа и

Био. Ампер работал вместе с Френелем до 1820 года, а потом обратился к электродинамике. Однако в 1828 году он опубликовал свою вторую работу по оптике под названием «Сообщение об искривлении световых волн в среде с иной эластичностью согласно трем главным направлениям, то есть тем, в которых сила, производимая эластичностью, распространяется в том же направлении, что и перемещение молекул этой среды». Работа была посвящена недавно умершему Френелю. Последующее развитие оптики было связано с этими двумя теориями, корпускулярной и волновой, которые в итоге объединились в корпускулярно-волновой дуализм.

ОПЫТ С ДВОЙНОЙ ЩЕЛЬЮ

Опыт Юнга с двойной щелью доказал волновую природу света. Ампер принял эту теорию благодаря Френелю. Юнг поставил барьер между экраном и источником света. В качестве барьера выступал картон, в котором были сделаны две прорези, очень тонкие и расположенные рядом друг с другом. Юнг доказал, что при прохождении света сквозь каждую из щелей (точки A и B) эти щели сами становились источниками света, как это уже доказал ранее Гюйгенс. На схеме внизу из каждой щели исходят концентрические круги, изображающие распространение волн, испускаемых из A и B. По мере объединения волн образуется схема интерференции. Интерференция является не чем иным, как суперпозицией волн (в этом случае двух), которая может вызывать две ситуации. В случае конструктивной интерференции (C, D, E и F) интенсивность света достигает максимума. В случае деструктивной интерференции (пространство между точками C, D, E и F) интенсивность света нулевая. В итоге на экране можно наблюдать чередование светлых и темных полос.

Несколько соображений

Сам Юнг советовал наблюдать проекцию на бумаге. Чтобы опыт получился, нужно учесть три фактора: ширину щели (меньше 1 миллиметра), расстояние между щелями (около 1 миллиметра), расстояние между барьером и экраном (около 1 метра). Ширина щелей должна быть меньше

расстояния между ними, а расстояние до экрана должно быть значительно большим.

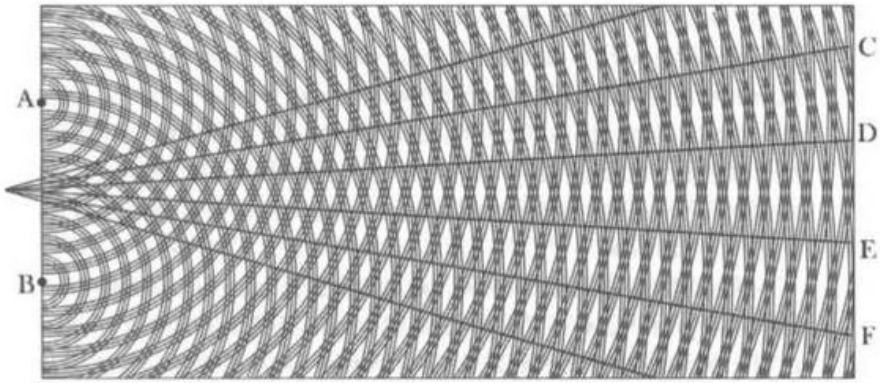


Схема интерференции, схожей с той, которую наблюдал Юнг. Явление можно наблюдать в точках C, D, E, F.

СТРАСТНЫЙ ФИЛОСОФ

Философские размышления занимали Ампера на протяжении всей его жизни. В Париже философия и психология заполнили пустоту, возникшую после смерти его жены. Окружение Ампера было, с одной стороны, философским, а с другой — математическим. Он искал ответы, которых наука не могла ему дать, поэтому углублялся в умозрительные философские построения. Наука в начале XIX века имела много общего с наукой XXI века, когда осторожность вынуждает проверять любую выдвигаемую гипотезу. Однако интеллект Ампера не позволял ему оставить место для сомнения: «Сомнение есть величайшее из зол, терзающих человека на земле!» — полагал он. Подобное суждение далеко от современных представлений: именно сомнение и изучение аномального стимулируют научный прогресс. Несмотря ни на что Ампер продолжал следовать в работе научному методу, не поддаваясь тяге к иррациональному. Он прекрасно объединял научный поиск и духовные искания.

Философские размышления Ампера рассыпаны по его многочисленным письмам и документам. Они нигде не собраны и не напечатаны целиком, поэтому их изучение затруднительно. Как уже говорилось, Ампер не был профессиональным философом, философия стала его увлечением, к которому, однако, у него был талант. Философские искания ученого делятся на два периода: с 1803 по 1819 год и с 1829 по 1836 год.

В первый период Ампер интересовался возможностью

получения научного знания как о видимом, так и о невидимом мире. Его первое исследование состоялось под влиянием философии. Приехав в 1804 году в Париж, Ампер познакомился с философом Меном де Бираном, с которым у него установились глубокие интеллектуальные и личные отношения. Мы уже упоминали о Биране в связи с неудачным вторым браком Ампера. Этот философ ввел Ампера в круг Дестюта де Траси, в котором обсуждались механизмы познания. Биран не только направлял Ампера в философских исканиях, но и стал на многие годы его другом. Однако ученик, в свою очередь, также сильно повлиял на учителя. Мен де Биран даже опубликовал книгу о теории познания под названием «Разговоры с Ампером и Дежерандо».

Вторым философом, оказавшим влияние на Ампера, был Иммануил Кант (1724-1804). Ампер, даже не принимая всех построений философа, по достоинству оценил глубину кантовского понимания научной истины. Также Ампер интересовался эпистемологией и изучал различие между феноменом и ноуменом, введенное Кантом. Ноумен — это заимствованное из греческого понятие, которое означает «нечто мыслимое», или «то, что мы намереваемся сказать». Противоположность ноумена — знакомый нам феномен. Феномену мы придаем форму, он не совпадает с вещью в себе, а то, что вытекает из него, будет ноуменом. Сам факт, что наше познание основано на феноменах, не означает, что оно ошибочно или иллюзорно. Ампер познакомился с этим разграничением по французскому переводу «Диссертации 1770 года» Канта. Однако в переводе было много ошибок, и Ампер не смог правильно истолковать новые для него понятия. Переписка Ампера с Меном де Бираном показывает, что ученый много работал над собственным видением мира. Все эти письма относятся к первому периоду интереса Ампера к философии. Одновременно он преподавал логику в Нормальной школе (1817) и философию на филологическом факультете (1819). Открытие Эрстеда положило конец этому периоду.

«НАБРОСКИ ПО ФИЛОСОФИИ НАУКИ»

В последние десять лет своей жизни Ампер работал над «Набросками по философии науки». Это его самое большое произведение, которое состоит из двух томов: первый был опубликован в 1834 году, второй — в 1843 году, уже после смерти Ампера. Этот труд является кульминацией его исследований

природы человеческого познания. Его даже можно рассматривать как итог всей жизни Ампера, посвященной познанию. Оба тома изобилуют отсылками к различным дисциплинам, которыми интересовался ученый начиная с детства. Однако это произведение не имеет ничего общего с философией науки, развившейся в XX веке. Речь идет о попытке энциклопедической классификации. Ампер утверждал, что классификация не может быть произвольной, поскольку идеальная классификация, с выстроенными связями между частями, создает знание. Таким образом, его труд не посвящен описанию происхождения наук. В поиске того, что сам Ампер называл естественной классификацией, он много раз переписывал первую часть и усердно работал над второй.

В основе его классификации лежат две главные идеи: попытка объединить теории распространения света и тепла, а также интерес к спору о естественной истории французских натуралистов Жоржа Кювье и Этьена Жеффруа Сент-Илера (1772-1844).

Ампер не принимал участия в самом споре, однако рассматривал лучшие идеи каждого из оппонентов: у Кювье он взял схемы естественной классификации, а у Жоффруа — идею гомологии, то есть структурного сходства организмов, занимающих разные места в таксономической системе. Удивительно, что в 1824 году, когда Ампер был полностью погружен в электродинамику, он нашел время для написания доклада в защиту теории Жоффруа — «Философские размышления о слуховой и нервной системе членистых животных».

По аналогии с науками о жизни Ампер разделил знание на два царства: науки о материальной реальности, составляющей Вселенную, — космологические — и науки об идеях — ноологические. Каждое царство он разделил на два полцарства (для космологических наук — науки о предметах одушевленных и неодушевленных), каждое полцарство — еще на две ветви, каждую ветвь — на два отростка, каждый отросток — на две науки первого порядка, каждую науку первого порядка — на две науки второго порядка, каждую науку второго порядка — на четыре науки третьего порядка, которые определяются четырьмя возможными «точками зрения». Каждое пол царство насчитывает 64 науки, что в сумме дает 128 наук. В классификации первого царства есть много лакун, а неологизмы существенно затрудняют понимание. Это первое царство включает математические, физические, естественные и медицинские науки. Любопытно, что Ампер причислил к математическим наукам кинематику и

динамику.

Неудивительно, что сначала Ампер обратился к физике. Между 1832 и 1835 годами он опубликовал доклады по обобщению теорий тепла и света. В 1832 году ученый выстроил предварительную классификацию 32 наук первого порядка. Обобщающая статья была опубликована в «Энциклопедическом журнале» и касалась литературы, наук и искусств. Спустя короткое время он добавил анализ четырех «точек зрения».

КИБЕРНЕТИКА

Термин «кибернетика» происходит от греческого Κυβερνήτης ***(kubernites) и означает «рулевой, управляющий судном». Андре-Мари Ампер использовал это слово во второй части своего эссе о классификации наук для обозначения наук об управлении, «искусстве управлять вообще», вслед за Платоном, который уже использовал это слово в«Республике». В1948 году Норберт Винер (1894-1964) решил использовать это слово в своей легендарной книге «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Сегодняшний смысл слова далек от того, который вкладывал в него Винер. Кибернетика — это «изучение аналогий между системами управления и связи живых существ и машин, в частности механизмов биологической регуляции, приложенных к технологии».***

После публикации Винера термин использовался по-разному, в том числе говорилось о различиях между кибернетикой первого порядка и кибернетикой второго порядка.

Американский математик Норберт Винер.

УХУДШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ АМПЕРА

В 1821 году Ампер несколько раз переболел бронхитом. Его здоровье начало ухудшаться, хотя это был самый плодотворный период его жизни. В течение следующих 15 лет изнурительный труд и непрекращающиеся исследования сильно ослабили его здоровье. Должность генерального инспектора предполагала множество разъездов, но по финансовым соображениям ученый не мог от нее отказаться. Чтобы сберечь силы, Ампер пожертвовал административной работой и окончательно оставил Политехническую школу. В это время, в 1824 году, он начал работать над автобиографией. Зимой 1829 года ученый перенес ларингит и воспаление легких и вынужден был поехать с сыном в деревню на юг Франции, чтобы подышать там более чистым воздухом. Вернувшись в Париж в 1830 году, он застал «Три славных дня» — 27, 28, 29 июля. Народ восстал против короля Карла X, в результате чего на трон взошел Луи-Филипп, герцог Орлеанский. После Июльской революции беспорядки прокатились по всей Европе.

Ампер так и не оправился от воспаления легких, а во время работы над эссе о классификации наук его здоровье значительно ухудшилось. В мае 1836 года ученый отправился в одну из

инспекционных поездок. Остановился он в Лионе, и его друг Бредан, который видел, что Ампер плохо себя чувствует, убеждал его вернуться в Марсель, но ученый продолжил поездку. Доехав до места назначения, он написал 6 июня последнее письмо сыну. Через два дня тот ответил отцу, умоляя его «во имя неба [...] не покидать Марселя, пока не станет лучше». Однако было уже поздно, и Андре-Мари Ампер умер 10 июня 1835 года в доме директора марсельского колледжа Дешампа. Все произошло так стремительно, что близкие даже не успели попрощаться с ним. Похороны в Марселе были скромными, без проявлений публичного признания. В последние годы жизни Ампер общался с небольшой группой университетских ученых, современники ничего не знали о нем.

В 1869 году останки Ампера были перевезены на Монмартрское кладбище в Париже, и он был перезахоронен рядом с сыном. На могиле выгравирована надпись, в которой с ошибкой указана дата рождения ученого:

«Андре Мари Ампер

Родился в Лионе 21 июня [sic!] 1775 года. Умер в Марселе 10 июня 1836 года.

Член Академии наук.

Внес вклад в познания человека в математических, физических, метафизических и нравственных науках.

Создал теорию электродинамики. Написал «Наброски о философии науки». Истинный христианин,

Он любил человека. Был добр, прост и велик».

Приложение

В 1839 году Араго произнес в честь Ампера речь, в которой высказал сожаление, что столь талантливый ученый был вынужден работать на износ ради финансовой стабильности. После этого великому ученому, умершему в безвестности, были оказаны бесчисленные почести.

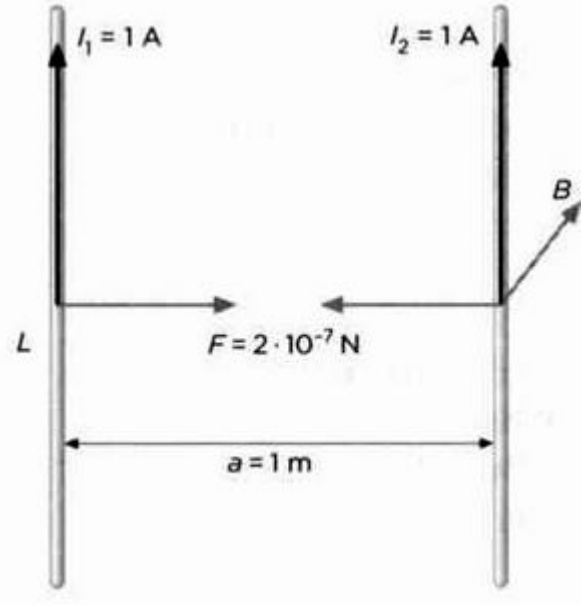
Хотя «Историческая хвала Амперу» Араго считается биографией ученого, первые работы о его жизни — «Великий Ампер» (1924) и «Переписка великого Ампера» (1936) — появились лишь в начале XX века, и они принадлежали геологу Луи Огюсту Альфонсу де Лоне.

Невозможно перечислить все почести, оказанные с тех пор Амперу, поэтому мы остановимся на двух событиях. Во-первых, в 1974 году французской Академией наук была учреждена премия Ампера в честь двухсотлетия со дня рождения ученого. Эта премия вручается ежегодно исследователям за работы в области математики, фундаментальной либо прикладной физики. Во-вторых, имя Ампера было включено в список наиболее выдающихся ученых, размещенный на Эйфелевой башне. Фамилии 72 ученых и инженеров выгравированы на четырех сторонах конструкции, по 18 с каждой стороны. Имя Ампера находится на 13 месте с северной стороны, напротив площади Трокадеро.

АМПЕР

Именем Ампера названа единица измерения силы тока, связанная с омом. Это название было принято на Международном конгрессе электриков (International Electrical Congress) в Чикаго в 1893 году и подтверждено на Международной конференции в Лондоне в 1908 году. Решение Международного комитета мер и весов 1946 года гласит:

«Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метра один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{7}$ ньютона».



Удивительно, что это определение может быть легко выведено из математических результатов Ампера, полученных им из закона Био — Савара. Оно также связано с заключениями Ампера о притягивании и отталкивании двух прямолинейных проводников.

На схеме представлены два прямых проводника бесконечной длины, разделенные расстоянием a, по ним проходит ток одного направления, I_1 и I_2. Рассмотрим магнитное поле, производимое проводником 1 в сторону проводника 2, которое, согласно закону Био — Савара, описывается уравнением

$B = \mu_0 \cdot I_1 / 2 \cdot \pi \cdot a$.

Благодаря выражению Ампера, которое описывает взаимодействие между двумя элементами тока, мы можем узнать, что на проводник длиной L, по которому проходит ток I_2

(речь идет о законченном сегменте другого проводника), воздействует магнитное поле B первого проводника с силой

$F_2 = B \cdot L \cdot I_2$.

Заменим выражение магнитного поля, а затем разделим на L для определения силы на единицу длины:

$F2 = (\mu_0 \cdot I_1 / 2 \cdot \pi \cdot a) \cdot L \cdot I_2 \rightarrow F/L = \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 / 2 \cdot \pi \cdot a$

Если два проводника разделены расстоянием в 1 метр, они притягиваются с силой $2 \cdot 10^{-7}$Н, а магнитная проницаемость μ_0 в вакууме равна $4\pi 10^{-7}$. Таким образом, мы получим выражение ампера, предложенное Международным комитетом мер и весов (см. рисунок на предыдущей странице). Заметим также, что ампер

является основной единицей, то есть не выводится из других единиц.

ЗАКОН, НЕСПРАВЕДЛИВО НОСЯЩИЙ ИМЯ УЧЕНОГО

В некоторых школьных учебниках можно встретить следующее математическое выражение, названное законом Ампера:

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I.$$

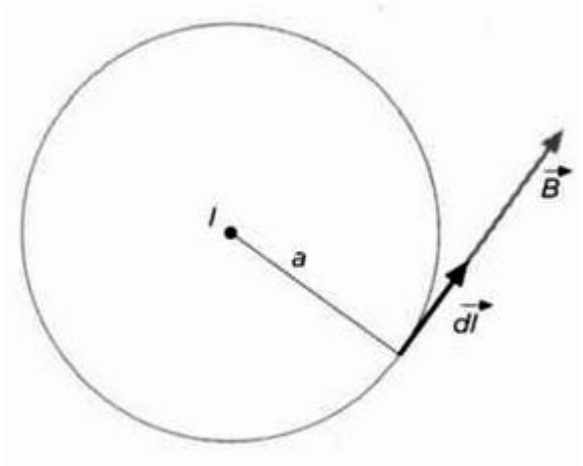
С хронологической точки зрения это выражение (в том виде, в котором оно представлено) не могло быть сформулировано Ампером, просто потому, что вектор B в электродинамике еще не использовался, а подобные интегралы в то время только начали появляться. Понятие магнитного поля было, в свою очередь, введено Фарадеем в его опубликованной в 1856 году книге «Линии силы». Сама сущность магнитного поля противоречит идеям Ампера, который опирался на ньютоновскую традицию использования силы для объяснения взаимодействий.

Закон Ампера — это математическое выражение отношения между магнитным полем и его причиной, то есть силой тока (см. рисунок). С математической точки зрения он аналогичен закону Гаусса для электрического поля. Закон Ампера позволяет рассчитать магнитное поле в случае симметричных контуров. Вернемся к случаю с прямолинейным проводником бесконечной длины. Если мы хотим знать магнитное поле в одной точке на расстоянии a от проводника, нужно будет взять интеграл от указанной линии, окружающей проводник в окружности радиуса a. С точки зрения физики вокруг проводника существует дифференциальный элемент dl. Рассчитать интеграл легко, поскольку общая длина есть длина окружности, а поле постоянное:

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int B \cdot dl \cdot \cos 0^\circ = B \int dl = B \cdot 2 \cdot \pi \cdot a = \mu_0 \cdot I.$$

Мы получили выражение, которое уже рассматривали при определении ампера:

$$B = \mu_0 \cdot I_1 / 2 \cdot \pi \cdot a.$$



Точка указывает, что сила I направлена перпендикулярно плоскости бумаги. Магнитное поле и элементы длины параллельны, то есть образуют угол 0°.

Кроме того, Максвелл изучил и обобщил закон Ампера в своем «Трактате об электричестве и магнетизме» (1873). Вторая глава тома 2 его книги,«Взаимные действия между электрическими токами», посвящена исключительно работе Ампера. На 20 страницах Максвелл анализирует математический закон взаимодействия элементов тока своего французского коллеги. И он не называет Ампера автором этого выражения — при всем своем серьезном отношении к его работам:

«Экспериментальное исследование, благодаря которому Ампер установил законы механизмов действия между электрическими токами, является одним из самых блестящих научных трудов».

Список рекомендуемой литературы

Bell, E.T., Losgrandes matematicos, Buenos Aires, Losada, 2010. Bodanis D., El universe electrico, Barcelona, Planeta, 2006.

Boyer, C., Historia de la matematica, Madrid, Alianza Editorial, 2007.

Gamow, G., Biografia de la fisica, Madrid, Alianza Editorial, 2007. Gribbin, J., Historia de la ciencia, 1543-2001, Barcelona, Critica, 2003.

Hofmann, J.R., Enlightment and Electrodynamics, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

Perez, M.C. y Varela, R, Origenes del electromagnetismo. Oersted y Ampere, Madrid, Nivola, 2003.

Soli's, C. y Selles, M., Historia de la Ciencia, Espasa, Madrid, 2005. Stewart, I., Historia de las matematicos, Barcelona, Critica, 2008.

Указатель

Авогадро, Амедео 10, 13, 66, 78-81, 83
ампер 8, 11, 152-154
амперметр 8, 102
амперовские токи 94-96, 101, 108
Араго, Франсуа 22, 24, 26, 77, 92, 109, 113, 124, 129, 136, 138, 147
атомизм 68
Бек, Альберт ван 126
Бернулли, Даниил 24
Бертолле, Клод Луи 63, 66, 77-79, 81, 82, 97
Био, Жан-Батист 9, 77, 98, 99, 110-112, 114, 115, 123, 124-125, 135, 136, 138, 148
Биран, Мен де 71, 72, 140, 141
Бонапарт, Наполеон 27, 68, 69, 77
Винер, Норберт 143
Вольта, Алессандро 90, 91, 95
вольтов столб 90, 91
Гальвани, Луиджи 90, 102
гальванический ток 90, 92
гальванометр 100, 102, 128
Гаусс, Иоганн Карл Фридрих 33, 149
Гей-Люссак, Луи Жозеф 9, 66, 71, 78, 79, 83, 99, 124
Генри, Джозеф 129
Гильберт, Уильям 89
гипотеза Авогадро — Ампера 78-83
Гюйгенс, Христиан 135, 139
Дальтон, Джон 65, 66, 78, 79
Дежерандо, Жозеф Мари 48, 49, 68, 70-72, 140
Дестют де Траси, Антуан Луи 69, 140
Дэви, Гемфри 9, 75-79, 97
Дюфе, Шарль Франсуа 90
закон Био — Савара 99, 110-112, 118, 148
закон всемирного тяготения 18, 91, 111
закон Лоренца 122
Кант, Иммануил 140
Каррон, Жюли 13, 18, 34-37, 46, 49
классификация 10, 13, 28, 30, 54, 55, 63, 64, 80-83, 107, 134, 141-142
Колладон, Жан Даниэль 125
Коши, Огюстен Луи 9, 50, 54, 58-60
Крониг, Ральф 102

Кулон, Шарль Огюстен де 9, 15, 18, 19, 33, 91, 96, 98, 110, 111
Кювье, Жорж 133, 142
Лавуазье, Антуан Лоран де 45, 63-65, 80, 81, 113
Лагранж, Жозеф Луи де 9, 26, 44, 50, 51, 58, 65
Лаплас, Пьер Симон де 9, 42, 54, 59, 77, 123, 136, 138
Лоренц, Хендрик Антон 122
магнит 9, 20, 92, 94, 96-98, 108, 110-112, 115, 122-127, 129
магнитное поле 87, 94, 102, 119— 122, 128, 129, 149-150
Максвелл, Джеймс Клерк 7, 33, 103, 131, 150
Мари кур, Пьер де 89
Менделеев, Дмитрий Иванович 83
молекулярные токи 9, 97, 98, 101, 108, 112
Монж, Гаспар де 55, 57, 60
Монферран, Жан Фирман де 118
Нолле, Жан Антуан 90
Ньютон, Исаак 7, 18, 19, 64, 111, 117, 121, 123, 135
Пото, Женни 13, 70-75, 134
Пруст, Жозеф Луи 65
Пуансо, Луи 9, 58, 59
Рив, Шарль Гаспар де ла 116, 117
Риттер, Иоганн Вильгельм 94
Рихтер, Иеремия Бенжамин 65
Савар, Феликс 99, 110, 123
Савари, Феликс 97, 118
Сент-Илер, Этьен Жоффруа 142
сила Ампера 119, 122
сила тока 96, 100-102, 118, 148— 150
соленоид 8, 107-109, 115, 125, 128
спин 101, 102
Стёрджен, Уильям 129
столб Вольты 90, 91, 95
Тейлор, Брук 50
телеграф 127-129
Тенар, Луи Жак 77, 78
теорема Тейлора 13, 50-52, 58
токоизмерительные клещи 102
Томсон, Джозеф Джон 101
уравнение Монжа — Ампера 13, 55
Фарадей, Майкл 9, 77, 97, 115, 116, 123-125, 127, 128, 149
Франклин, Бенджамин 90
Френель, Огюстен Жан 9, 125, 134-138, 139
Эйлер, Леонард 24
электрический ток 7-9, 11, 90-92, 100-102, 108-112, 115, 124-

127, 154
электричество 7, 9,10, 20, 23, 29, 47, 57, 89, 91, 94, 96, 97, 113- 115, 123, 136
электродинамика 7-9, 13, 19, 33, 38, 47, 75, 87, 90, 96, 97, 101, 105, 107, 112, 116-119, 121, 124, 125, 131, 133, 136, 138, 145
электролиз 75
электромагнетизм 9, 19, 92, 97, 99, 100, 102, 105
электромагнит 127
электромагнитная индукция 123-126
электрон 101, 106
элемент 13, 61, 63, 64, 66, 76, 78- 86, 111, 112-119, 122
Эрстед, Ханс Кристиан 9, 13, 91 — 94, 96-98, 105, 108-110, 113, 123-125, 141
Юнг, Томас 135, 139

Андре-Мари Ампер создал электродинамику — науку, изучающую связи между электричеством и магнетизмом. Его математически строгое описание этих связей привело Дж. П. Максвелла к революционным открытиям в данной области. Ампер, родившийся в предреволюционной Франции, изобрел также электрический телеграф, гальванометр и — наряду с другими исследователями — электромагнит. Он дошел и до теории электрона — «электрического объекта», — но развитие науки в то время не позволило совершить это открытие. Плоды трудов Ампера лежат и в таких областях, как химия, философия, поэзия, а также математика — к этой науке он относился с особым вниманием и часто применял ее в своей работе. Исследователь по праву считается одним из величайших физиков XIX века.

Рекомендуемая розничная цена: 289 руб.

12+

Андре-Мари Ампер создал электродинамику - науку, изучающую связи между электричеством и магнетизмом. Его математически строгое описание этих связей привело Дж. П.

Максвелла к революционным открытиям в данной области. Ампер, родившийся в предреволюционной Франции, изобрел также электрический телеграф, гальванометр и - наряду с другими исследователями - электромагнит. Он дошел и до теории электрона - «электрического объекта», - но развитие науки в то время не позволило совершить это открытие. Плоды трудов Ампера лежат и в таких областях, как химия, философия, поэзия, а также математика - к этой науке он относился с особым вниманием и часто применял ее в своей работе. Исследователь по праву считается одним из величайших физиков XIX века.